



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

**ESPECIALIDAD EN ORTODONCIA**

**TESIS**

**EVALUACIÓN DE LA CAPA INHIBIDA DE OXÍGENO EN RESINAS DE  
CONTORNOS DE BRACKETS ORTODÓNTICOS. REVISIÓN.**

**PRESENTA:**

**C.D. YURIHXI ALICIA LEON ESCOBAR.**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN ORTODONCIA**

**Asesor de tesis**

**Dr. RENATO NIETO AGUILAR.**

**Asesor Metodológico**

**Dra. Deyanira Serrato Ochoa**

*Morelia, Michoacán; Diciembre de 2015*

---

## AGRADECIMIENTOS

- Primeramente quiero agradecer a la mujer que más amo y que me ha acompañado y ayudado a recorrer este bello camino de la vida, la persona que me ha dado el regalo más maravilloso que todo ser vivo pueda poseer, ese gran regalo del que hablo es la vida, tu mamita, emprendedora y luchadora me has servido de ejemplo, me has apoyado incondicionalmente y acompañado en todo momento, a ti mamita es a la primer persona que le agradezco y sé que no es suficiente un simple “gracias”.
- Existe una persona que amo con todo mi ser y a este gran hombre le agradezco eternamente que sea un gran pilar en mi vida, tiene el corazón más grande de cualquier persona que yo pueda conocer, sus valores como ser humano, sus consejos, sus experiencias compartidas, su humanidad y su nobleza hacen que me quede sin palabras para poder describir el impulso que esto me brinda día a día para ser mejor persona con la gente que me rodea, no sólo profesionalmente sino también humanamente, teniendo presente todos los valores éticos que rigen a una buena sociedad.
- Al hombre que me llevaba al kínder, a mi papito adorado, que siempre has estado ahí para darme una sonrisa, un abrazo, un gesto de humildad, para inculcarme el espíritu de superación, gracias papito por creer en mí.

- 
- Otras personas maravillosas y valiosas a las que les quiero agradecer no sólo su gran apoyo, sino también su ejemplo son mis padrinos, personas tan respetables y admirables como los valores y el respeto que me han inculcado, siempre están cuando los necesito y algún día espero recompensar tantas buenas acciones hacia mí, mis bellos primos hermanos, que, aunque no lo crean y sean menores a mí, generan tal admiración que resulta en un impulso para ser mejor profesionalista, son bellos por dentro y por fuera y siempre los amare.
  - A mis grandes ángeles que me están cuidando desde allá arriba y sobre todo a mi Dios que es mi guía y mi fortaleza, gracias señor por dejarme vivir esta gran experiencia.
  - Otro último agradecimiento y no por ser el último es el menos importante, son a mis profesores al Dr. Renato Nieto Aguilar y a la Dra. Deyanira Serrato Ochoa, así como a mis amistades, a todos ellos que han puesto en mí un granito de arena, y una montaña de conocimientos generando así, todo tipo de admiraciones, gracias por brindarme las herramientas para soñar, para construir y para lograr.

---

---

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| Relación de tablas y figuras.....      | 5  |
| Glosario.....                          | 6  |
| Resumen.....                           | 14 |
| Abstract.....                          | 16 |
| Introducción.....                      | 18 |
| Antecedentes generales.....            | 20 |
| Objetivo general.....                  | 77 |
| Justificación.....                     | 78 |
| Materiales y métodos.....              | 79 |
| Discusión.....                         | 80 |
| Conclusiones.....                      | 83 |
| Recomendaciones.....                   | 86 |
| Sugerencias para trabajos futuros..... | 86 |
| Referencias bibliográficas.....        | 87 |

---

---

## Relación de Tablas y Figuras

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1 Oxígeno como elemento químico.....  | 21 |
| Fig. 1 La descomposición térmica del peróxido de dicumilo.....  | 23 |
| Fig. 2 Fotólisis de azoisobutilnitrilo .....  | 23 |
| Fig. 3 Reacción redox de peróxido de hidrógeno y hierro .....   | 24 |
| Fig. 4, 5 Orbitales de un monómero de etileno interactúan con un iniciador de radicales y ataque del iniciador en molécula de etileno.....  | 25 |
| Fig. 6 Mecanismo de propagación de la cadena.....   | 26 |
| Fig. 7, 8 Combinación de dos polímeros y desproporción radical.....   | 27 |
| Fig. 9, 10 y 11 Terminación de PVC por reacción con iniciador de radicales, Inhibición de la propagación de poliestireno debido a la reacción de polímero con el oxígeno molecular e Inhibición de la cadena de polímero..... | 28 |
| Fig. 12 Imágenes de Microscopía de la zona inhibida de oxígeno.....   | 30 |
| Fig. 13 Manchas blancas en el tercio gingival.....  | 34 |
| Fig. 14 Biopelículas en la superficie de resina de dientes.....   | 45 |
| Fig. 15 Micrografías electrónicas de barrido de dientes de ratas.....   | 48 |
| Fig. 16, 17, 18, 19 Factor C en 1,2 y 3 paredes.....  | 57 |
| Fig. 20, 21 Factor C en 4 y 5 paredes.....  | 58 |
| Fig. 22 Factor C.....   | 59 |
| Fig. 23 Prismas del esmalte y la transición no mamífero / mamífero.....   | 64 |
| Fig. 24 Micrografías electrónicas de barrido con disposición microestructural de prismas de esmalte .....   | 66 |

## GLOSARIO

- **Alifática:** Compuesto orgánico que es de cadena abierta.
- **Anisótropa:** Cuerpo, medio que ofrece distintas propiedades cuando se examina o ensaya en direcciones diferentes.
- **Bisfenol:** El bisfenol A, usualmente abreviado como BPA, es un compuesto orgánico con dos grupos funcionales fenol. Es un bloque disfuncional de muchos importantes plásticos y aditivos plásticos. Es soluble en agua y hay estudios que demuestran que es una sustancia altamente cancerígena.
- **Decusación:** Es un término utilizado en contextos biológicos para describir un cruce. En términos anatómicos en latín se usa la formadecussatio, por ejemplo en *decussatio pyramidum*. En anatomía el término quiasma significa decusación.
- **Exotérmica:** Se denomina reacción exotérmica a cualquier reacción química que desprenda energía, ya sea como luz o calor.
- **Fotoiniciador:** Los fotoiniciadores son compuestos arílicos aromáticos no saturados mucho más sensibles a la energía radiante que los monómeros y oligómeros. Las moléculas del fotoiniciador se descomponen al recibir

---

energía radiante, la absorción de ésta se logra mayoritariamente por el fotoiniciador.

Formarán radicales libres o cationes como fragmentos. Por lo tanto, los fotoiniciadores cumplen una función crítica en iniciar la polimerización por radicales libres o catiónica en los materiales.

- **Glicidil dimetacrilato:** (Bisfenol- glicidil- metacrilato) Molécula bifuncional que brinda propiedades a una resina, como la viscosidad aunque continúa siendo poco manejable.
- **Grupos epoxi:** Los compuestos de resinas epoxídicas han tenido amplia aceptación y su uso se ha

extendido a las actividades donde se requiere un polímero de mucha resistencia mecánica. Son materiales termofraguables que se tornan duros y no fusibles bajo la acción de agentes acelerantes.

Los compuestos epoxi son un grupo de éteres cíclicos u óxidos de alqueno (alquileno) que poseen un átomo de oxígeno unido a dos átomos de carbono adyacentes (estructura oxirano). Estos éteres reaccionan con los grupos amino, oxhidrilo y carboxilo (endurecedores, así como con los ácidos inorgánicos, para dar compuestos relativamente estables.

- **Homeostasis:** Homeostasis es el conjunto de

---

fenómenos de autorregulación que llevan al mantenimiento de la constancia en las propiedades y la composición del medio interno de un organismo. El concepto fue elaborado por el fisiólogo estadounidense Walter Bradford Cannon (1871–1945).

- **Inodoro:** (Del lat. inodorus.) 1 adj. Que no tiene olor.
- **Liofilización:** Acción de liofilizar. Método de conservación de una cosa que consiste en deshidratarla sometiéndola a una rápida congelación y eliminando el hielo posteriormente mediante un ligero calentamiento al vacío que lo transforma en vapor.

- **Molécula epóxica:** Las características generales de las resinas epoxi se pueden resumir en: Mínima contracción, durante el proceso de curado, ya que habitualmente el proceso no implica la separación de productos secundarios volátiles. Adhesividad, por su estructura química rica en grupos polares hidroxilos y éteres, las resinas epoxi son excelentes adhesivos, sin necesidad de tiempos de exposición largos ni de grandes presiones. Excelentes propiedades mecánicas: Superior a las de cualquier otro recubrimiento. Su bajo índice de contracción disminuye la posibilidad de tensiones.



- 
- **Monómeros:** son átomos individuales o pequeñas moléculas que se unen para formar polímeros, macromoléculas que están compuestas por cadenas repetidas de monómeros. La mayoría de los monómeros funcionales son solubles en agua al mismo tiempo y se utilizan para incorporar centros hidrofílicos dentro de polímeros hidrofóbicos a fin de estabilizar las partículas y lograr adherencia y aceptación de pigmentos. Usualmente son utilizados en muy pequeñas cantidades (1-3%) y poseen sitios reactivos para la reticulación, modificación de la superficie de las partículas y procesos post-polimerización de las partículas de látex.
  - **Organofílica:** Material orgánico que es miscible con el agua.
  - **Organofóbica:** Material orgánico que no es miscible con el agua.
  - **Polimerización en cadena de radicales libres:** De todas las polimerizaciones de crecimiento en cadena, las polimerizaciones radicalarias son las más importantes en volumen de producción. Casi el 50% de los polímeros sintetizados a nivel mundial (250 millones por/año) se producen por esta vía. Las razones fundamentales de este éxito son: - muchos de los monómeros vinílicos y acrílicos (y los de mayor uso) polimerizan por vía radicalaria; - las reacciones se pueden

---

llevar a cabo a temperaturas moderadas (< 100 C); - se requieren menores requerimientos de pureza (tanto en monómeros como en iniciadores) para que la reacción se desarrolle eficientemente; y - permite la producción de copolímeros por polimerización simultánea de dos o más monómeros en el mismo medio.

- **Polímero de poliéster:** Los poliésteres son los polímeros, en forma de fibras. El poliéster (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub>) es una categoría de elastómeros que contiene el grupo funcional éster en su cadena principal. Los poliésteres que existen en la naturaleza son conocidos desde 1830, pero el término poliéster generalmente se

refiere a los poliésteres sintéticos (plásticos), provenientes de fracciones pesadas del petróleo.

- **Porcentaje volumétrico de relleno:** Se estima que es posible llevar a cabo un relleno manual hasta llegar a su máximo porcentaje de materia orgánica y el total brinda una capacidad volumétrica.
- **Radicales peroxilo:** Los radicales alquilo derivados de los ácidos grasos insaturados en reacciones de adición con oxígeno molecular generan radicales peroxilo (ROO.)
- **Radio atómico o radio Bohr:** En el modelo atómico de Bohr de la estructura del átomo, desarrollado por Niels Bohr en 1913, los electrones giran alrededor de un núcleo central.

---

En este modelo los electrones orbitan sólo a determinadas distancias del núcleo, dependiendo de su energía. En el átomo más simple, el hidrógeno, solamente orbita un electrón, siendo la órbita de menor radio o radio de Bohr, la correspondiente a la situación de menor energía.

- **Radio Van der Waals:** Se le llama radio de Van der Waals de un átomo a la distancia mínima a la cual podríamos colocar una carga negativa, sin que la nube de electrones del átomo en cuestión la rechace.
- **Relleno inorgánico silanizado:** Son las partículas que conforman las resinas compuestas y pueden ser de: Fibra de vidrio, Vidrio de cuarzo, Sílice coloidal,

Partículas de bario o partículas de metales pesados. El agente de unión es el silano (proceso de silanización). La adhesión, que es la unión de la fase orgánica con la inorgánica, proporciona una estabilidad hidrolítica para evitar que penetre el agua en la interface de la resina, de todas maneras la resina sufre contracción.

- **Resinas de dimetacrilato:** El *Diacrilato de uretano* es un monómero que se ha empleado recientemente en resinas combinadas dentales. Es un diacrilato alifático empleado en conjunción con un dimetacrilato aromático para dar una resina combinada más fluida comparable en resistencia a aquellas que se

---

basan en dimetacrilatos aromáticos exclusivamente.

- **Serina:** La serina es uno de los veinte aminoácidos componentes de las proteínas codificados mediante el genoma.
- **Tipos de Monómeros:**
  1. **Grupos carboxilos** (Ej.: Ácidos acrílico y metacrílico). Comentados más abajo
  2. **Grupos epoxi** (Ej.: de monómeros tales como glicidil metacrilato). Usualmente son utilizados para mejorar la resistencia química, la dureza del film, la resistencia química y la resistencia a l calor y a la abrasión.
  3. **Derivados de acrilamida** (Ej.: N-Metilolacrilamida). Este tipo de monómeros es usualmente utilizados en proporciones de 1 a 7% y generan la

incorporación de sitios de reticulación dentro de las partículas del látex. Puede sufrir reticulación vía puente hidrógeno a temperatura ambiente, como así también, pueden ser reticulados a temperatura más elevada (120 –150°C) con formación de enlaces covalentes entre distintos grupos N-Metilol presentes en la cadena.

4. **Cloruros** (Ej.: Cloruro de vinilbencilo). Son monómeros con sitios electrofílicos que pueden ser reaccionados post-polimerización con nucleófilos tales como aminas, mercaptanos, etc.
5. **Grupos isocianato** (Ej.: TMI). Estos grupos pueden ser reticulados postpolimerización, mediante grupos amino o hidroxilo, o

---

bien reticular durante el proceso de formación del film.

6. **Grupos amino** (Ej.: de monómeros funcionales como dietilaminoetilmetacrilato)

7. **Grupos sulfonato** (Ej.: estireno sulfonato de sodio)

8. **Grupos hidroxilo** (Ej.: 2-hidroxietilmetacrilato).

- **Vinil silano:** El agente de unión Silano tiene como fin formar una capa químicamente compatible entre las porcelanas y cementos resinosos o agentes de unión para resinas compuestas.

---

## RESUMEN

**Introducción:** El oxígeno es el elemento químico más abundante en la atmósfera, mismo que interactúa con diversos materiales entre ellos los composites, los radicales libres producidos durante la polimerización de las resinas compuestas tienen la particularidad de mostrarse más reactivos con el oxígeno que con el monómero, de modo tal que aquél se comporta como un inhibidor impidiendo la polimerización radical, dando lugar a la formación de una capa parcialmente polimerizada en la parte más superficial de la resina que se halla en contacto con el oxígeno atmosférico. La presencia de oxígeno a través de la irradiación de luz origina una capa rica de resina inhibida en la superficie superior de la resina compuesta y en la superficie de los contornos de brackets y esto permite que la resina se vuelva más susceptible a la tinción y a la microfractura. El espesor de la inhibición varía con la química del monómero (Bis-GMA, TEGDMA o PMMA).

**Materiales y métodos:** Se generó una revisión en artículos de investigación biomédica. Ofrecido por la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos PubMed y journals contenidos en Science Direct, Springer Link, Elsevier y La Biblioteca Cochrane.

**Análisis y discusión:** El oxígeno es el inhibidor más común del medio ambiente y genera una capa inhibida de oxígeno en la última capa de resinas fotopolimerizables, esto provoca un cambio en sus propiedades que genera un

---

aumento de acúmulo de biofilm y una susceptibilidad de la resina a la microfractura, filtración, manchas blancas e incluso caries. Los autores tienen diferentes opiniones respecto a la capa inhibida. Unos en el vector químico y otros en los resultados clínicos. Pero nadie concreta el grado de afección o de acúmulo de biofilm de la última capa de resina inhibida. Sobre todo en el área ortodóncica ya que no está registrado ningún estudio científico que asocie estos problemas. Autores aseguran que una capa relativamente delgada no afecta significativamente el grado de polimerización y esto significa que al no cambiar sus propiedades, no se hace vulnerable respecto al biofilm dental.

**Conclusiones:** Se ofrecen alternativas para las resinas destinadas a su empleo en la operatoria dental como el uso de productos hechos a base de glicerina antes de su última fotopolimerización para evitar cambios en sus propiedades generados por la presencia del oxígeno, ya que destruye los delicados detalles superficiales y hace vulnerable a la resina al acúmulo de biofilm. La poca evidencia que hay sobre el verdadero efecto perjudicial o no de la presencia de una capa inhibida de oxígeno en la última capa de resina durante el tratamiento de ortodoncia y su influencia el grado de acúmulo de biofilm aún es incierta y se necesitan más estudios para poder llegar a una correcta conclusión.

**Palabras clave:** Oxígeno, capa inhibida de oxígeno, monómero, polimerización por radicales libres, composites.

---

## ABSTRACT

Oxygen is the most abundant chemical element in the atmosphere, it interacts with various materials including composites, free radicals produced during polymerization of composite resins have the particularity to be more reactive with oxygen than with the monomer, so that it behaves as an inhibitor preventing radical polymerization, leading to the formation of a partially polymerized layer in the outermost layer of the resin which is in contact with atmospheric oxygen. The presence of oxygen by light irradiation causes a rich inhibited resin layer on the upper surface of the composite resin and the surface contours of brackets and this allows the resin becomes more susceptible to staining and microfracture. The thickness of the inhibition varies with the chemistry of monomer (Bis-GMA, TEGDMA or PMMA).

**Methods:** A revision gender biomedical research articles. Offered by the National Library of Medicine of the United States contained in PubMed and journals Science Direct, Springer Link, Elsevier and The Cochrane Library.

**Analysis and Discussion:** Oxygen is the most common inhibitory environment and generates an oxygen inhibited layer on the last layer of photopolymerizable resins, this causes a change in its properties which causes increased accumulation of biofilm and susceptibility of the resin to the microfracture, filtration, white spots and even tooth decay. The authors have different opinions regarding the inhibition layer. A vector in the chemical and other clinical outcomes. But no specific



---

condition the degree of accumulation of biofilm or the last resin layer inhibited. Especially in the orthodontic area is no longer registered any scientific study that associating these problems. Authors say that a relatively thin layer does not significantly affect the degree of polymerization and this means that by not changing their properties, is not vulnerable regarding the dental biofilm.

**Conclusions:** Alternatives for preparing resins for use in the dental surgery and the use of products made from glycerin before his last curing to prevent changes in their properties generated by the presence of oxygen on offer, as it destroys the delicate surface details and the resin becomes vulnerable to the accumulation of biofilm. There is little evidence about the true harmful effect or not the presence of an oxygen inhibition layer on the top layer of resin for orthodontic treatment and influence the degree of accumulation of biofilm is still uncertain and more research is needed to to arrive at a correct conclusion.

**Keywords:** oxygen, oxygen inhibited layer, monomer, free radical polymerization, composites.

---

## INTRODUCCIÓN

Existen materiales de restauración directos e indirectos. Dentro de los materiales directos, los primeros materiales dentales usados para restaurar las piezas dentarias fueron metales como el oro y aleaciones como amalgama de plata, material extensamente usado en las restauraciones de las piezas posteriores debido a su fácil manejo, bajo costo, desempeño y duración clínica.

Sin embargo, con el transcurrir del tiempo, los requerimientos estéticos de nuestros pacientes han llevado a un aumento de la demanda por restauraciones más naturales desde el punto de vista de su similitud a las estructuras dentarias, apareciendo entre ellas las Resinas Compuestas, Considerado uno de los materiales de empleo en boga en la odontología restauradora y en la ortodoncia.

Pero el éxito en el tratamiento ortodóntico en cuanto a la estética dental se ve comprometido por la presencia de manchas blancas y caries en los contornos de brackets, teniendo éstas una prevalencia muy alta no solo a nivel nacional, sino también a nivel mundial y se ubican específicamente en la transición de la unión de la resina con la superficie dental.

Las resinas corresponden a un polímero formado por una matriz orgánica, una fase inorgánica y una fase de acoplamiento entre ambas.

Estos materiales han sufrido una serie de modificaciones a través del tiempo en busca de un mejor desempeño clínico y mejores propiedades estéticas y mecánicas, y si bien constituyen un excelente material de obturación, siguen teniendo problemas dentro de los cuales se pueden mencionar su falta de

---

adhesión específica a las estructuras dentarias y la contracción del material producto de la polimerización y la presencia de una capa inhibida de oxígeno.

La contracción de polimerización y la falta de adhesión, puede generar una brecha entre el diente y la restauración, fracasando el sellado marginal, produciéndose así la filtración, que es el proceso mediante el cual penetran fluidos orales, bacterias, moléculas y/o iones a la interface entre la pared cavitaria y la restauración.

Para mitigar los problemas anteriormente señalados, es primordial evitar esta interacción de radicales libres con el oxígeno, o bien eliminar la presencia de esta capa que reduce los principales objetivos del material y brindar así una unión fuerte y duradera que se debe generar entre la restauración y la estructura dentaria, lograr una adhesión que impida que la contracción genere una brecha marginal y así se logre el sellado marginal adecuado para impedir la filtración y se facilite la permanencia en boca de la restauración, por lo tanto, uno de los objetivos de la Odontología restauradora actual es la adhesión del material en forma permanente a las estructuras dentarias.

---

## ANTECEDENTES

### ANTECEDENTES GENERALES

#### OXÍGENO COMO ELEMENTO QUÍMICO

El oxígeno es un elemento químico importante que es: incoloro, inodoro e insípido. Entre sus muy diversos usos, el oxígeno se utiliza en la producción de polímeros de poliéster y anticongelantes. Los polímeros se utilizan para hacer plástico y telas. La masa atómica de un elemento está determinada por la masa total de neutrones y protones que se puede encontrar en un solo átomo perteneciente a este elemento. El oxígeno tiene una masa atómica de 15,9994 u y se encuentra en el grupo 16 y periodo 2.

La configuración electrónica del oxígeno es  $1s^2 2s^2 2p^4$ . La configuración electrónica de los elementos, determina la forma en la cual los electrones están estructurados en los átomos de un elemento. El radio atómico o radio de Bohr del oxígeno es de 60 (48) pm (Radio de Bohr) pm, su radio covalente es de 73 pm y su radio de Van der Waals es de 152 pm.

A continuación se puede observar una tabla donde se muestra las principales características del oxígeno.

(Halliwell *et al.*, 1984).

---

---

## Oxígeno

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Símbolo químico</b>           | O   |
| <b>Número atómico</b>            | 8   |
| <b>Grupo</b>                     | <u>16</u>                                       |
| <b>Periodo</b>                   | <u>2</u>  |
| <b>Aspecto</b>                   | Incoloro  |
| <b>Bloque</b>                    | p   |
| <b>Densidad</b>                  | 1.429 kg/m <sup>3</sup>                         |
| <b>Masa atómica</b>              | 15.9994 u                                       |
| <b>Radio atómico</b>             | 60 (48) pm (Radio de Bohr)                      |
| <b>Radio covalente</b>           | 73 pm   |
| <b>Radio de van der Waals</b>    | 152 pm  |
| <b>Configuración electrónica</b> | 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> |
| <b>Estados de oxidación</b>      | -2, -1 (neutro)                                 |
| <b>Estructura cristalina</b>     | Cúbica  |
| <b>Estado</b>                    | <u>gaseoso</u>                                  |
| <b>Punto de fusión</b>           | 50.35 K   |
| <b>Punto de ebullición</b>       | 90.18 K   |
| <b>Calor de fusión</b>           | 0.22259 kJ/mol                                  |
| <b>Volumen molar</b>             | 17,36×10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /mol      |
| <b>Electronegatividad</b>        | 3,44  |
| <b>Calor específico</b>          | 920 J/(Kg)                                      |
| <b>Conductividad térmica</b>     | 0,026 74 W/(K·m)                                |

---

---

## POLIMERIZACIÓN

La polimerización por radicales libres es un método de polimerización mediante el cual se forma un polímero por la adición sucesiva de bloques de construcción de radicales libres. Los radicales libres pueden formarse a través de un número de diferentes mecanismos que implican generalmente moléculas iniciadoras separadas. Después de su generación, la iniciación de radicales libres agrega unidades de monómero (no radicales), con lo que crecen la cadena polimérica. (O'dian *et al.*, 2004).

La polimerización por radicales libres es un tipo de crecimiento de la cadena cinética de peróxido de benzoilo radical de polimerización, junto con tensioactivos aniónicos, catiónicos y polimerización por coordinación.

Definition of *IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)*.

### - **Iniciación**

La iniciación es el primer paso del proceso de polimerización. Durante la iniciación, se crea un centro activo a partir del cual se genera una cadena de polímero. No todos los monómeros son susceptibles a todos los tipos de iniciadores. La Iniciación radical que funciona mejor para el carbono-carbono de doble enlace son los monómeros de vinilo y para el doble enlace de carbono-oxígeno son los aldehídos y cetonas. (O'dian *et al.*, 2004).

---

La iniciación tiene dos pasos. En el primer paso, uno o dos radicales se crean a partir de las moléculas de iniciación. En el segundo paso, los radicales se transfieren desde las moléculas iniciadoras a las unidades del monómero presente. Varias opciones están disponibles para estos iniciadores:

1.- Descomposición térmica: El iniciador se calienta hasta que se escinde un enlace homolíticamente, produciendo dos radicales (Figura 1). Este método se utiliza más a menudo con peróxidos orgánicos o compuestos azoicos. (Cowie *et al.*, 2008).

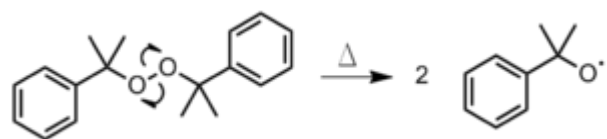


Figura 1: La descomposición térmica del peróxido de dicumilo. (Fuente: Cowie *et al.*, 2008).

2.- Fotólisis: Escinde radiación un enlace homolíticamente, produciendo dos radicales (Figura 2). Este método se utiliza más a menudo con yoduros metálicos, alquilos metálicos, y compuestos azoicos. (Cowie *et al.*, 2008).

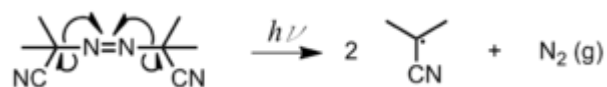


Figura 2: Fotólisis de azoisobutilnitrilo (AIBN). ("Free Radical Vinyl Polymerization". Universidad del Sur de Mississippi., 2005).

---

La fotoiniciación también puede ocurrir por abstracción de H biomolecular cuando el radical se encuentra en su estado excitado triplete más bajo. Un sistema fotoiniciador aceptable debe cumplir los siguientes requisitos:

- Alta capacidad de absorción en el intervalo de 300-400 nm.
- Eficiente generación de radicales capaces de atacar el doble enlace olefínico de monómeros de vinilo.
- Solubilidad adecuada en el sistema de aglutinante (monómero prepolímero).
- No deberán transmitir olores desagradables al material curado.
- El fotoiniciador y los subproductos derivados de su uso deben ser no tóxicos. ("Free Radical Vinyl Polymerization". Universidad del Sur de Mississippi., 2005)

3.- Las reacciones redox: Reducción de peróxido de hidrógeno o un peróxido de hidrógeno del alquilo por el hierro (Figura 3). (Cowie *et al.*, 2008) Otros agentes reductores tales como Cr<sup>2+</sup>, V<sup>2+</sup>, Ti<sup>3+</sup>, Co<sup>2+</sup> y Cu<sup>+</sup> se pueden emplear en lugar del ion ferroso en muchos casos. (Ondian *et al.*, 2004).



Figura 3: Reacción redox de peróxido de hidrógeno y hierro. (Fuente: Cowie *et al.*, 2008).

- **Propagación**



---

Durante la polimerización, un polímero pasa la mayor parte de su tiempo en el aumento de su longitud de la cadena, o de multiplicación. Después se forma el iniciador de radicales ya que ataca a un monómero (Figura 4). (Hageman *et al.*, 1985). En un monómero de etileno, un par de electrones se lleva a cabo de forma segura entre los dos átomos de carbono en un enlace sigma. El otro se mantiene más libremente en un enlace pi. En los usos de radicales libres un electrón del enlace pi forma un enlace más estable con el átomo de carbono. El otro electrón vuelve al segundo átomo de carbono, convirtiendo la molécula en otro radical. Esto comienza la cadena polimérica. La Figura 5 muestra cómo los orbitales de un monómero de etileno interactúan con un iniciador de radicales. (Islamova *et al.*, 1995).

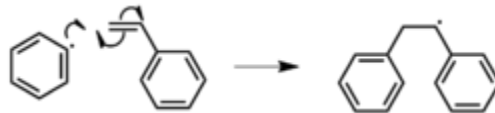


Figura 4: Fenil es el iniciador del peróxido de benzoilo (BPO) ataca una molécula de estireno para iniciar la cadena de polímero. (Fuente: Islamova *et al.*, 1995).

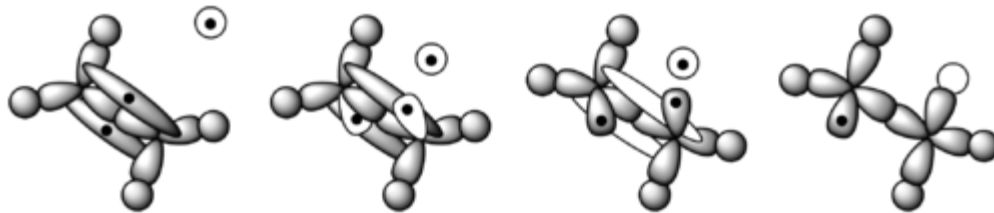


Figura 5: Dibujo orbital del ataque del iniciador en molécula de etileno, produciendo el inicio de la cadena de polietileno. (Fuente: Cowie *et al.*, 2008).

---

Una vez que se ha iniciado una cadena, se propaga la cadena (Figura 6) hasta que no haya más monómero (polimerización viva) o hasta que se produce la terminación. Puede estar en cualquier lugar desde unos pocos hasta miles de etapas de propagación, dependiendo de varios factores como la reactividad y la cadena radical, el disolvente y la temperatura. (Leach *et al.*, 2010). El mecanismo de propagación de la cadena es el siguiente:

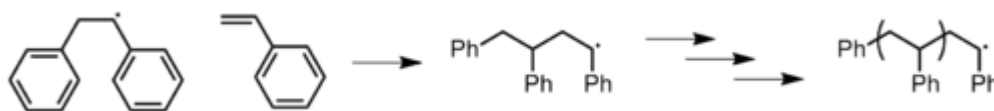


Figura 6: Propagación de poliestireno con un iniciador de radicales fenilo. (Fuente: Leach *et al.*, 2010)

### - Terminación

La terminación de la cadena se producirá cuando la reacción esté completamente libre de contaminantes. En este caso, la polimerización se considera que es una polimerización viva debido a que la propagación puede continuar si más monómero se añade a la reacción. Polimerizaciones vivas son más comunes en la polimerización iónica, sin embargo, es debido a la alta reactividad de los radicales. La terminación puede producirse por varios mecanismos diferentes. Si se desean cadenas más largas, la concentración de iniciador debe mantenerse baja; de lo contrario, tendrán como resultado muchas cadenas más cortas. (Cowie *et al.*, 2008).

---

1.- Se puede producir uno o ambos de los siguientes procesos: Combinación de dos extremos de cadena activos.

∂ Combinación: dos cadenas terminan simplemente en pareja para formar una cadena de mayor longitud (Figura 7). Uno puede determinar si este modo de terminación se produce mediante el control del peso molecular de las especies que se propagan: esta combinación dará como resultado la duplicación del peso molecular. Además, la combinación dará como resultado un polímero que es cúbicamente simétrico alrededor del punto de la combinación. (Islamova., *et al* 2006).

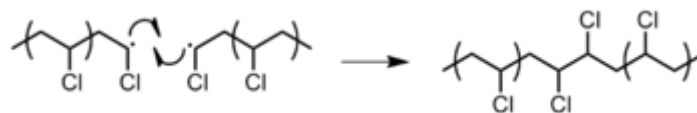


Figura 7: Resolución por la combinación de dos polímeros cloruro de vinilo y policloruro de Vinilo (PVC). (Stevens *et al.*, 1999).

∂ Desproporción radical: Un átomo de hidrógeno de un extremo de la cadena se abstrae a otro, produciendo un polímero con un grupo insaturado terminal y un polímero con un grupo terminal saturado (Figura 8). (Stevens *et al.*, 1999).

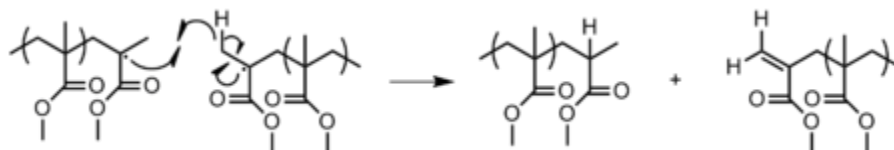


Figura 8: Rescisión por desproporción de poli (metacrilato de metilo). (Fuente: Stevens *et al.*, 1999)

2.- Combinación de un extremo activo de la cadena con un radical iniciador (Figura 9).

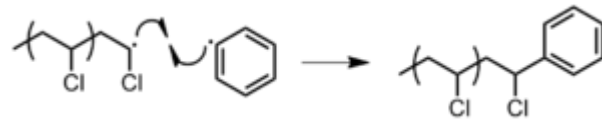


Figura 9: La terminación de PVC por reacción con iniciador de radicales. (Cowie *et al.*, 2008).

3.- Interacción con impurezas o inhibidores. El oxígeno es el inhibidor común. La cadena en crecimiento va a reaccionar con el oxígeno molecular, produciendo un radical oxígeno, que es mucho menos reactivo (Figura 10). Esto reduce de forma considerable la velocidad de propagación. (Hageman *et al.*, 2008).

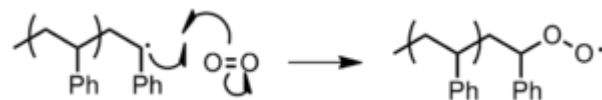


Figura 10: Inhibición de la propagación de poliestireno debido a la reacción de polímero con el oxígeno molecular. (Fuente: Hageman *et al.*, 2008).

El nitrobenceno, tolueno hidroxil butilado y picrilo difenil hidracilo (DPPH, Figura 11) son algunos otros inhibidores. Este último es un inhibidor especialmente eficaz debido a la estabilización por resonancia del radical. (Cowie *et al.*, 2008).

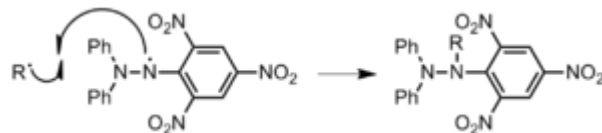


Figura 11: Inhibición de la cadena de polímero, R, por DPPH. (Fuente: Cowie *et al.*, 2008).

---

## CAPA INHIBIDA DE OXÍGENO

Aunque los materiales compuestos de resina proporcionan un material de restauración versátil y robusta, la sensibilidad de la técnica en la aplicación puede reducir su éxito clínico, que por lo general sigue siendo inferior a la amalgama en la práctica dental general. Un inconveniente principal asociado con el uso de compuestos de resina es la exigencia de una técnica de colocación incremental para superar una profundidad de curado limitado (2-3 mm para la mayoría de tipos de materiales comerciales). Para grandes cavidades, la integridad entre las capas puede ser crítico en la determinación de propiedades mecánicas suficientes, a lo largo de la mayor parte de las grandes multi restauraciones de incremento de resina. Mientras que el practicante acumula una restauración de resina, la superficie del material de capas sucesivas se expone al aire en el entorno oral. “La presencia de oxígeno a través de la irradiación de luz origina una capa rica de resina inhibida en la superficie superior de la resina compuesta” (Werner *et al.*, 1996), imagen 12. Además, muchos odontólogos no utilizan una matriz al colocar pequeñas restauraciones de superficie única y tampoco hacen uso de procedimientos de acabado, tales restauraciones son más susceptibles a la tinción de la superficie si una capa de resina permanece inhibida en su superficie. (Essam *et al.*, 2009).

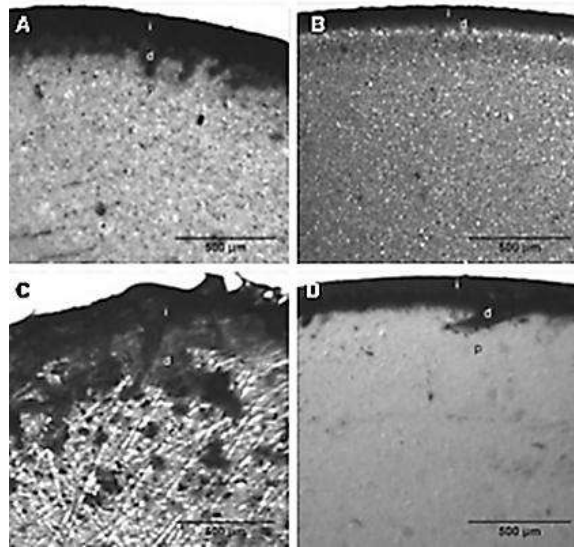


Figura 12. Imágenes de Microscopía (aumento 40x) de la zona inhibida de oxígeno: (A) resina compuesta de nanorelleno (Filtek Supreme XT); (B) resina compuesta microhíbrida (Filtek Z250); (C) resina compuesta reforzada con fibra corta (everX posterior); y resina compuesta basada en silorano-(D) (Filtek Silorane) (todo después del tratamiento etanol). Las letras minúsculas denotan la capa inhibida (i), la difusión (es decir, la transición) zona (d), y el material polimerizado (p). (Fuente: Bijelic *et al.*, 2015).

Para las polimerizaciones en cadenas de radicales, el oxígeno es un potente inhibidor ya que reacciona con los radicales para formar radicales peroxi no reactivos que retardan o incluso terminan la polimerización por reacción con ellos mismos u otros radicales de propagación para formar productos inactivos resultantes en una capa poco polimerizada. Esta consiste en una superficie rica en resina (materia orgánica) y pobre en partículas (materia inorgánica). En la tesis del Dr. Juan Pablo Cabezas Galleguillos del 2012 se hace mención de que el espesor de la capa inhibida de oxígeno para resinas dentales y materiales compuestos de

---

resina puede variar desde 4 a 40 micras. El espesor del aceite en resinas de acrilato y metacrilato puede depender de varios factores, incluyendo la química del monómero, la morfología de llenado, la temperatura, la concentración de radical y la tasa de consumo de oxígeno, los dos últimos factores reductores de aceite elevan la concentración del fotoiniciador y el aumento de la curación de la irradiación de la luz. (Rueggeberg, *et al.*, 1990).

Para los sistemas de curado sensibles al oxígeno, puede ser que sea razonable esperar a que una superficie rica en resina proporcione una mayor integridad entre capas incrementales en comparación con una superficie final con petróleo desde los enlaces químicos dentro de las redes interpenetrantes que se formarían más fácilmente. De hecho, muchos estudios indican que se requiere una capa superficial inhibida para aumentar la fuerza de adhesión entre incrementos de compuestos de resina. Sin embargo, investigaciones más recientes han sugerido que la presencia de la capa inhibida no promueve ningún aumento significativo de la fuerza incremental de unión y o incluso imparte un efecto perjudicial sobre la integridad de la capa en comparación con superficies sin capa inhibida. (Shawkat, *et al.*, 2009).

Recientemente, un nuevo compuesto de resina restaurativa, Filtek™ Silorane (3M ESPE Dental Products, Seefeld, Alemania) se ha introducido en el mercado dental. El sistema de monómero dentro de este material fue diseñado principalmente para reducir la contracción de polimerización asociado con los tipos de compuestos de resina convencionales. Los grupos epoxis funcionales se encuentran dentro de la matriz ("silorano") de siloxano-oxirano, se someten a una

---

apertura de anillo en lugar de una reacción de polimerización radical que en última instancia, reduce la tensión de contracción y los resultados en la reducción de deflexión de las cúspides. Además, la hidrofobicidad de los grupos siloxano mejora la estabilidad del material en fluidos biológicos y reduce significativamente la absorción de agua en comparación con los tipos de materiales convencionales. (Essam *et al.*, 2009). La polimerización catiónica por apertura de anillo asociado con los grupos oxirano dentro del Silorane es insensible al oxígeno y un estudio reciente ha sugerido que no existe ningún aceite en la superficie de una muestra recién curada y que el espesor de la inhibición variará con la química del monómero, y que la presencia de una capa de inhibición de oxígeno mejorará resistencia de la unión interface de las capas de material compuesto de resina. Así entonces el oxígeno puede reaccionar con radicales y resultar en una capa inhibida, el grado de interacción se verá modificada por la química del monómero. (Essam *et al.*, 2009).

## LESIÓN DE MANCHA BLANCA

Las lesiones blancas opacas o puntos blancos vistos rededor de los brackets son una complicación frecuente observada durante el tratamiento de ortodoncia fija (Jacques-Morrier *et al.*, 2014). La descalcificación de la superficie del esmalte con los aparatos ortodónticos fijos, forma lesiones de mancha blanca, esto es un conocido efecto secundario común y frecuente del tratamiento de ortodoncia. (Tanner *et al.*, 2012). De hecho, los brackets de ortodoncia y las resinas de unión



---

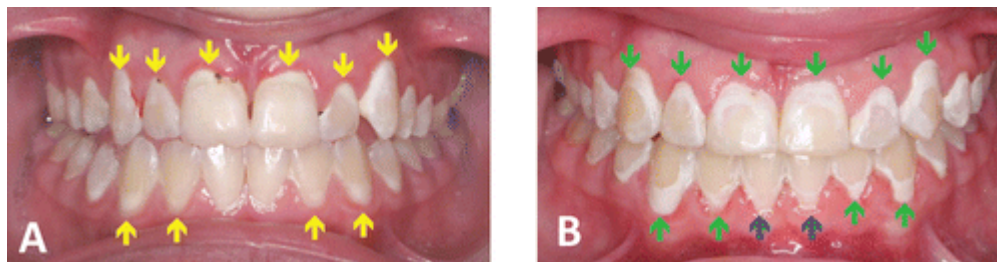
son factores de retención de biofilm dental que posteriormente causan tales lesiones. Estas lesiones son llamadas también leucomas, su prevención para evitar los procesos de desmineralización y los métodos para la remineralización junto con las técnicas de restauración siguen en auge. El punto de partida es una higiene oral rigurosa aunada al tipo de dieta del huésped. También el implemento de fluoruro en la dieta es importante (contenido en dentífricos, geles, barnices, enjuagues, cemento adhesivo, etc.); antisépticos como el CPP-ACP (CPP-ACP es el acrónimo de un complejo de fosfopéptidos de caseína y fosfato de calcio amorfo. Fosfopéptidos de caseína (CPP) son un grupo de péptidos derivados de la caseína, parte de la proteína que se produce naturalmente en la leche. El CPP se cree que son responsables de la alta biodisponibilidad de calcio de la leche y otros productos lácteos. El CPP que contiene la secuencia de aminoácidos clúster (-Ser (P) -Ser (P) -Ser (P) Glu-Glu) tienen la capacidad de unirse y estabilizar al calcio y al fosfato en solución, así es como se unen a la placa dental y el esmalte dental. El fosfato de calcio es normalmente insoluble, es decir forma una estructura cristalina a pH neutro. Sin embargo, el CPP, el calcio y fosfato deben mantenerse en un estado amorfo, no cristalino. En este estado amorfo iones calcio y fosfato pueden entrar en el esmalte de los dientes. La alta concentración de iones de calcio y fosfato en la placa dental tras la exposición a CPP-ACP han sido ampliamente investigado y probado para reducir el riesgo de desmineralización del esmalte y promover la remineralización del esmalte dental. (Reynolds *et al.*, 1987). El láser, el blanqueamiento técnico, la erosión, la infiltración y micro-abrasión, son parte de

---

los procedimientos y tratamientos recomendados principalmente para la eliminación de leucomas. (Borges *et al.*, 2013).

Otro procedimiento terapéutico es el empleo del LASER (Jean-Jaques, 2014). (La palabra "láser" es una sigla, que significa "amplificación de luz por emisión estimulada de radiación", y esto se refleja con precisión. La luz está compuesta de ondas eléctricas y magnéticas rápidamente oscilantes y específicas, pueden ser muy simples, o puede ser estructurada en patrones sorprendentemente complejos tanto en el espacio y en el tiempo para aplicaciones tales como comunicaciones ópticas, imágenes médicas, y control en las reacciones químicas. Las propiedades únicas y la flexibilidad del láser hacen que sea una parte importante de la vida moderna) (Tetsuya *et al.*, 2012).

En un estudio realizado por Julien *et al.*, 2013 se identificaron cinco factores de riesgo estadísticamente significativos de desarrollo de mancha blanca durante el tratamiento de ortodoncia, incluyendo el tiempo de tratamiento de más de 36 meses, los dientes sin fluorosis, los pacientes con mala higiene oral, los pacientes cuya higiene oral declinó durante el tratamiento y lesiones de mancha blanca preexistentes como se observa en la siguiente imagen.



---

Fig.13 Las flechas indican la presencia e manchas blancas en el tercio gingival de los órganos dentarios.

(Fuente: Julien *et al.*, 2013).

## FLUORURO

La acción anticaries más importante del flúor es en la remineralización de las lesiones cariosas incipientes en el esmalte ya que el fluoruro inhibe la desmineralización del esmalte y mejora la remineralización es decir que induce la orden de retención o inversión de la lesión en el esmalte. En estudios in vitro han demostrado que el fluoruro liberado en restauraciones que contienen flúor protege eficazmente al esmalte cercano a la restauración de la desmineralización.

Entre los materiales de restauración liberadores de fluoruro encontramos los cementos de ionómero de vidrios convencionales y adhesivos; se ha demostrado su eficacia y su resistencia a la caries secundaria formada después en contornos de restauraciones y en contornos de aparatos ortodónticos. Sin embargo, se palidecen en comparación con las resinas compuestas debido a la alta sensibilidad a la humedad, las propiedades liberadoras de partículas de flúor iniciales son bajas, y para superar las deficiencias ante su desventaja clínica de la caries, se desarrollaron los materiales híbridos, estos combinan supuestamente los beneficios de los ionómeros de vidrio y las resinas compuestas. Los ejemplos incluyen ionómero de vidrio modificados con resinas (RMGI), resinas compuestas modificadas con poliácidos (compómeros) y giomers (resina que contienen

---

partículas pre-reaccionado de ionómero de vidrio (PRG). Las partículas están hechas de vidrio de fluorosilicato que se ha hecho reaccionar con ácido polialquenoico antes de ser incorporado a la resina de uretano 7).

En cuanto a los mecanismos de liberación y recarga del fluoruro en compómeros se ha demostrado que este material es capaz de liberar y absorber fluoruro. El fluoruro se repone desde el medio ambiente, es re-lanzado en el diente adyacente o en su estructura, o en la mayoría de las situaciones clínicas, a la placa dental. Estos materiales actúan como un reservorio en torno a las restauraciones para prevenir o inhibir la formación de caries secundaria. En cuanto a la capacidad de recarga de un material de restauración, va a depender tanto de factores intrínsecos como ambientales: composición química del material y la frecuencia e intensidad de la exposición al fluoruro. Los adhesivos dentales desempeñan un importante papel en el sellado de los márgenes de las restauraciones. Estos se encuentran en estrecho contacto con los márgenes de la restauración, el fluoruro liberado ha demostrado que los adhesivos dentales que contienen fluoruro, penetran en las estructuras del diente cuando está en contacto con él y ejerce su efecto cariostático.

En el estudio realizado por Dionysopoulos *et al.*, 2014 se encontró que materiales dentales que contenían fluoruro pudieron liberar iones de fluoruro durante un largo periodo de tiempo. Sin embargo, la liberación de flúor se reducía ampliamente a niveles muy bajos tiempo después de una alta liberación, los diferentes materiales exhiben diferentes patrones de liberación de fluoruro, en función de sus composiciones. Los materiales de restauración en los que hay mayor liberación

---

inicial de fluoruro también exhibió mayor capacidad de recarga de fluoruro, uno de ellos son los materiales de ionómero de vidrio modificados con resina ya que mostraron mayor liberación de fluoruro y capacidad de recarga, en cuanto a los adhesivos que contienen fluoruro exhibió baja liberación de flúor y baja capacidad de recarga. (Dionysopoulos *et al.*, 2014).

### LA SALIVA Y SU ACCIÓN, AUTOCLISIS Y MICROBIOTA

La disolución y deposición de esmalte de los dientes es un fenómeno que se produce en todos los dientes. Cuando el nivel de pH en la boca baja, la disolución de iones de calcio y fosfato se produce. A medida que el pH retorna a los niveles normales, la deposición de estos iones a partir de la saliva se produce y el esmalte se restaura. Si el pH se mantiene bajo durante un tiempo prolongado, más disolución que deposición se produce. Cuando se produce una pérdida neta, la superficie del esmalte se descalcifica. Cuando la luz penetra un área de subsuperficie de descalcificación se dispersa de manera diferente que cuando penetra el esmalte sano. Como tal, el esmalte descalcificado aparece como una lesión de color blanco opaco y se conoce como una lesión de la mancha blanca. Con el tiempo, el punto blanco puede recalcificarse por medio de los minerales presentes en la saliva pero el color opaco generalmente permanece, y con frecuencia se mancha, lo que hace a los dientes menos estéticos.

Los aparatos vestibulares fijos (brackets ortodónticos) a menudo aumentan el riesgo de la desmineralización del esmalte y las enfermedades periodontales,

---

mediante la promoción de la agregación de la placa dental a nivel local, así como agregación ectópica, es decir en sitios menos comunes como lo es la superficie labial de los dientes. Una comunidad nutritiva y protectora de las bacterias periodontopatogénicas forman a la placa dental debido a las interacciones dinámicas entre la dieta, el flujo salival, microorganismos y factores bioquímicos. La adhesión bacteriana en superficies sólidas parece estar influida por muchos factores tales como mecanismos de "auto-limpieza" de la saliva (autoclísis) y el movimiento de la musculatura oral. La xerostomía y hiposalivación son frecuentes en los pacientes con diabetes tipo 2 que tienen mayor incidencia de periodontitis, que es un tema de creciente preocupación. La colocación de los brackets impide la eliminación de restos de comida y perturba simultáneamente la distribución normal de flujo salival, provocando de este modo cambios ambientales en la flora microbiológica. El creciente número de bacterias orales puede dar lugar al crecimiento de la placa rápidamente y disminuye el valor del pH, que conduce a daños estructurales de los dientes y sus tejidos de soporte.

Gastel *et al.*, 2008 sugiere que el diseño del bracket podría tener un impacto significativo en la carga bacteriana y de los parámetros periodontales. Por otra parte, varios estudios relacionados a la formación de la placa dental y la colocación del bracket, ya sea con saliva artificial incubada o sumergidos en la saliva no incubada se han realizado, en donde la capacidad para la formación de biofilm varía con las diferentes características de la superficie tales como la rugosidad de los brackets, las diferentes formas de ligado y la adhesión. Sin embargo, tales sistemas no son representativos del flujo salival, sino la de la saliva

---

en reposo o en estado estático que contiene agentes químicos. La participación de los cambios en el patrón de flujo salival en retención de placa no había sido realizada.

Un estudio realizado por Zhu P *et al.*, 2013 utilizó técnicas similares a *in vivo* de la saliva para investigar las características de la dinámica salival y la formación de placa alrededor de los aparatos de ortodoncia. El objetivo fue describir un modelo de dinámica de fluidos computacional para caracterizar y cuantificar el patrón de flujo salival en las superficies labiales de incisivos centrales inferiores antes y después de la colocación de aparatos fijos para explorar los factores dinámicos de la formación de placa en los tejidos periodontales y sus relaciones. En un ciclo de deglución regulado por movimientos musculares y cambios de presión, la saliva proveniente de varias glándulas de la boca, se llena gradualmente el vestíbulo y luego fluye a través de la brecha de la dentición a la cavidad oral. El flujo de saliva fue interrumpida por la colocación del bracket y del arco de alambre respecto al patrón típico de la que fluye en la superficie del diente. Cuando fluye la saliva a lo largo de la base del bracket, se reduce la velocidad de flujo, esto favorece la colonización de bacterias lo que sugiere que los aparatos de ortodoncia disminuyen el flujo salival y aumentan el número de bacterias. (Zhu P *et al.*, 2013).

## ADHESIÓN

Un factor de real importancia es la fuerza de unión y tiempo de duración que se debe establecer entre el material restaurador y la estructura dentaria, unión que

---

impida la microfiltración marginal y facilite su retención en boca, es decir, un parámetro ideal en adhesión.

La palabra adhesión viene del latín *adhaerere*, formada por: *ad* (para) y *haerere* (pegarse). En terminología adhesiva, adhesión o enlace es la unión de una sustancia a otra. La adhesión se refiere a la interacción de las fuerzas o energías entre los átomos o moléculas en una interfase que mantiene juntas a dos estructuras. El período de tiempo que perdura la unión se denomina durabilidad. El fenómeno adhesivo es crítico en muchos biomateriales dentales, incluyendo la unión de porcelanas y metales. Sin embargo, este tipo de biomaterial restaurador no obtiene una interfase cero con el diente debido a los fenómenos de contracción que sufren al polimerizar, lo que se traduce en un sellado marginal imperfecto que permite la aparición de una brecha con la consiguiente infiltración marginal. Este proceso se conoce como microfiltración y es definido como un pasaje clínicamente indetectable de bacterias, fluidos, moléculas y/o iones entre las paredes cavitarias y/o el material de restauración aplicado. Este fenómeno puede traer consecuencias tales como hipersensibilidad dentaria, irritación pulpar, permitir el paso de bacterias a través del margen de la restauración que pueden producir caries recurrentes y contribuir a la corrosión, disolución o decoloración de ciertos materiales dentales.

En un estudio realizado por el Dr. Beñaldo-Fuentes *et al.*, 1990 se encontró que en dos sistemas adhesivos en estudio, es decir, Single Bond (3M-ESPE) y Single Bond 2 (3M-ESPE), eliminó totalmente la microfiltración. Las restauraciones de resina compuesta realizada con el sistema adhesivo con nanorelleno Single Bond



---

2 presentaron el menor porcentaje de infiltración marginal. Aunque el grado de microfiltración obtenido no fue de gran magnitud en ambos casos, hubo diferencias significativas con respecto a la microfiltración de las restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo con nanorrelleno y el sistema adhesivo convencional, presentando un mejor sellado marginal las restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo con nanorelleno Single Bond 2. En definitiva y conforme a los resultados obtenidos en ese estudio se acepta la hipótesis planteada “Existen diferencias significativas en la microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo convencional y otro con nanorelleno. (Beñaldo *et al.*, 2005).

## PROCEDIMIENTOS Y TECNICAS DE BONDEADO EN ORTODONCIA CON USO DE RESINAS

La unión de los aparatos de ortodoncia se introdujo por primera vez en 1965 y desde entonces ha revolucionado el tratamiento de ortodoncia. Sin embargo, los sistemas tradicionales para la unión de brackets requieren múltiples etapas que incluyen el grabado, enjuague, secado, y la aplicación de primer antes de usar resinas adhesivas. Este proceso que consume tiempo es un inconveniente y puede tener efectos negativos en la fuerza de unión del bracket especialmente en las zonas posteriores de la boca donde la visión y la accesibilidad limitada se complica por la falta de control de saliva u otros fluidos. (Ramazanzadeh *et al.*, 2013).

---

Los Cementos de resina autoadhesivos que han sido recientemente introducidos tienen menor riesgo de contaminación con líquidos por vía oral debido a que se eliminan algunos procedimientos como el grabado y acondicionamiento. Estos cementos son de doble curado y en comparación con el auto-curado y adhesivos de curado por luz, proporcionan las ventajas tanto de la configuración de control de tiempo y mayor polimerización del adhesivo debajo de la base metálica de los brackets. Además, otra posible ventaja de algunos de estos cementos es la liberación de fluoruro como el reivindicado por los fabricantes, lo que puede reducir el riesgo de desmineralización alrededor de los brackets. Además, varios de estos cementos no contienen bisfenol o sustancias tóxicas en sus composiciones. (Ramazanzadeh *et al.*, 2013).

## MICROFILTRACIÓN

En ortodoncia, el fracaso de la unión de los brackets es debida a la falta de conexión entre el esmalte y el bracket, esto compromete el éxito del tratamiento y prolonga el tiempo de tratamiento. Una unión fiable entre un aparato de ortodoncia y el esmalte de los dientes es necesaria para lograr un tratamiento de ortodoncia eficaz. Respecto a esto, los estudios sobre el desarrollo de sistemas adhesivos han aumentado. Los diferentes sistemas de unión, como acondicionadores o autograbantes, se han desarrollado y fabricado para simplificar el procedimiento de adhesión en ortodoncia.

---

También está bien documentado y se han reportado los efectos de primers de autograbado sobre resistencia al cizallamiento y la microfiltración de brackets de ortodoncia, varios autores informaron que el de autograbado y el de grabado estándar no varían en función de la fuerza de unión. Arhun *et al* en el 2013 informó que los materiales de autograbado y sistemas convencionales no son significativamente diferentes en términos de la cantidad de microfiltración, por otro lado Uysal *et al* en el 2010 encontraron altas puntuaciones de microfiltración en materiales de autograbado.

La información sobre las propiedades de adhesión de los cementos de resina autoadhesivos sigue siendo limitada. El uso de cementos de resina autoadhesivos para el bondeado de brackets ortodónticos no es una indicación. Sin embargo, en algunos estudios, los brackets unidos con los cementos de resina autoadhesivos en la superficie grabada del esmalte y sus fuerzas de adhesión se compararon con los sistemas convencionales. Se encontró que las fuerzas de adhesión al cizallamiento de cementos de resina autoadhesivos es más bajo que el de los de los sistemas convencionales. (Zachrisson *et al.*, 2005)

Por otro lado, un aumento de los sistemas adhesivos puede aumentar la cantidad de microfiltración. En odontología restauradora, los síntomas clínicos asociados a la ocurrencia de microfiltración son descomposición y decoloración de los

---

márgenes, la caries secundaria, aumento de la sensibilidad post-operatoria y la patología pulpar.

En ortodoncia, la penetración insuficiente de los adhesivos de ortodoncia puede causar la microfiltración por debajo de los brackets. La microfiltración debajo de los brackets de ortodoncia puede causar problemas, como la descalcificación del esmalte, decoloración del esmalte, la corrosión y la disminución de la fuerza de unión. El desarrollo de lesiones de mancha blanca es una de las principales complicaciones de los pacientes sometidos a tratamiento de ortodoncia fija, ya antes mencionado.

En el estudio realizado por Alkins *et al.*, 2015 la cantidad de la microfiltración fue mayor en la interfase del esmalte con adhesivo que en la interfase del bracket con adhesivo. Esto significa que la microfiltración puede variar de acuerdo al grado de mineralización del esmalte de cada diente.

## MICROBIOTA ORAL

Hallgren A. *et al.*, 1992 realizaron un estudio para saber la prevalencia de los microorganismos orales en materiales restaurativos tales como resinas y ionómeros de vidrio, la microflora asociada a caries en la placa dental adyacente a los brackets bondeados con un cemento de ionómero de vidrio (GIC) y un compuesto a base de resina se investigó, para ello se usó la prueba de la boca

---

dividida. 3, 8, y 28 días después de la aparición de la placa en los aparatos, se tomaron 48 muestras. Se encontró una mayor prevalencia de estreptococos mutans y lactobacilos en la placa de los dos materiales de contención. Una tendencia a colonizar con más frecuencia alrededor del compuesto retenido fue observada para ambos tipos de bacterias. La proporción de estreptococos mutans en relación con el recuento viable total fue significativamente mayor en las muestras de placa de material compuesto retenido en comparación con GIC retenido 1 mes después del inicio del tratamiento. Los resultados sugieren que hay menor presencia de procesos cariosos que inducen a la proliferación de la microflora en GIC, cuando se utiliza como agente de cementación en odontología ortodóntica. En la siguiente imagen se puede observar la presencia de *Streptococcus mutans* (*S. mutans*) biofilm en la superficie del diente de resina en donde se incubaron en diversas concentraciones con *C. boréale*.

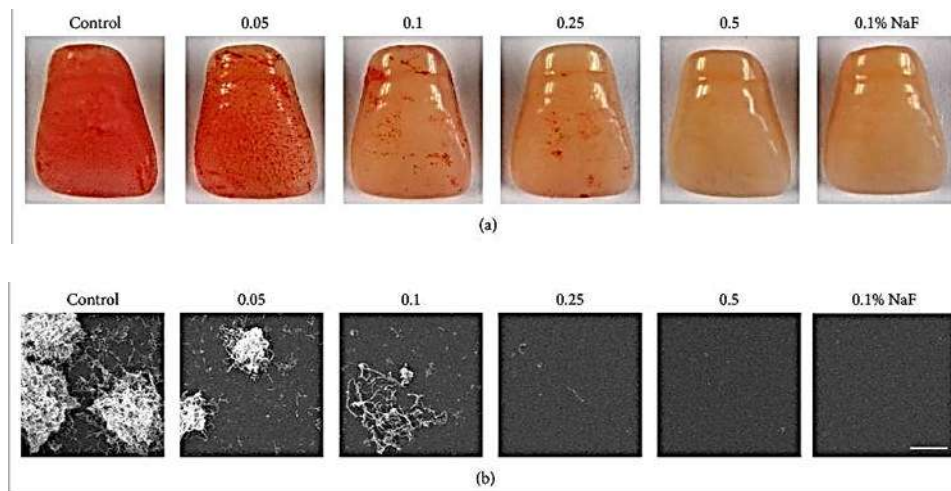


Fig. 14. (*C. boréale*) aceite esencial en la formación de biopelículas en la superficie de resina de dientes. *Streptococcus mutans* (*S. mutans*) biofilm en la superficie del diente de resina se incubaron en diversas concentraciones de *C.*

---

boréale (a). La formación de biopelículas se inhibió significativamente a 0,05-0,25 mg / ml de C. boréale aceite esencial. También la formación de biopelículas se inhibió completamente en 0,5 mg / ml de C. boréale aceite esencial. Scanning imagen de microscopía electrónica de S. mutans formación de biofilm sobre superficies de los dientes de resina (b). Se utilizó 0,1% de fluoruro de sodio (NaF) como control positivo. La barra de escala representa 25 micras. (Fuente: Beom-Su *et al.*, 2015).

También en un estudio realizado por Wright *et al.*, 1996 evaluaron el rendimiento clínico de una nueva resina modificada con cemento de ionómero de vidrio, Geristore (Den-Mat Corp., Santa María, Calif.), para la unión de brackets de ortodoncia y su efecto en ciertas caries asociadas a microorganismos. Este cemento ha demostrado poseer propiedades mecánicas y el aumento de la liberación de fluoruro a largo plazo. Había setecientos dieciséis brackets bondeados con resina compuesta en cuarenta pacientes (diecisiete hombres y veintitrés mujeres), con la técnica de boca dividida, (Reliance, Itasca, Ill.). Las fallas de adhesión las registraron después de un año. Los índices de placa y muestras de placa se tomaron de la zona del adhesivo de unión en veinte pacientes, en la semana uno, y cinco meses después de la colocación de los brackets. Las muestras de placa fueron investigadas para la presencia de *Streptococcus mutans* y lactobacilos. Las proporciones de *S. mutans* y lactobacilos en la placa tomadas de alrededor de cemento Geristore se redujeron en la semana uno y los cinco meses, en comparación con la resina de fase II, y

---

esta reducción fue estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) en una semana. Los resultados de este estudio sugieren que Geristore puede ser de utilidad en los segmentos labiales, sobre todo en pacientes propensos a caries, en donde representa una reparación al problema de desmineralización y por ende la cuestión estética varios años después del tratamiento. De acuerdo a que en los estudios realizados ha coincidido la presencia de *Streptococcus*, se hizo un avance tecnológico, basado en una placa de cámara de flujo paralelo, este se desarrolló para investigar la temprana formación del biofilm de una cepa de *Streptococcus sanguis* en la superficie de unión de cuatro materiales de cementación de ortodoncia: cemento de ionómero de vidrio (Ketac Cem), resina modificada con cemento de ionómero de vidrio (Fuji Ortho LC), resina compuesta curada químicamente (Concisa) y resina compuesta fotopolimerizable (Transbond XT). El *S. sanguis* lo utilizaron ya que es uno de los colonizadores principales de superficies duras dentales. La saliva artificial se suministró como una fuente de nutrientes para las películas de biofilm. Los efectos de dos enjuagues bucales comercialmente disponibles (es decir, un enjuague que contiene fluoruro y clorhexidina) fueron evaluados. La colonización inicial de la bacteria se evaluó después de seis horas de crecimiento de la superficie y se calculó el porcentaje de la película de biofilm sobre las superficies de los discos.

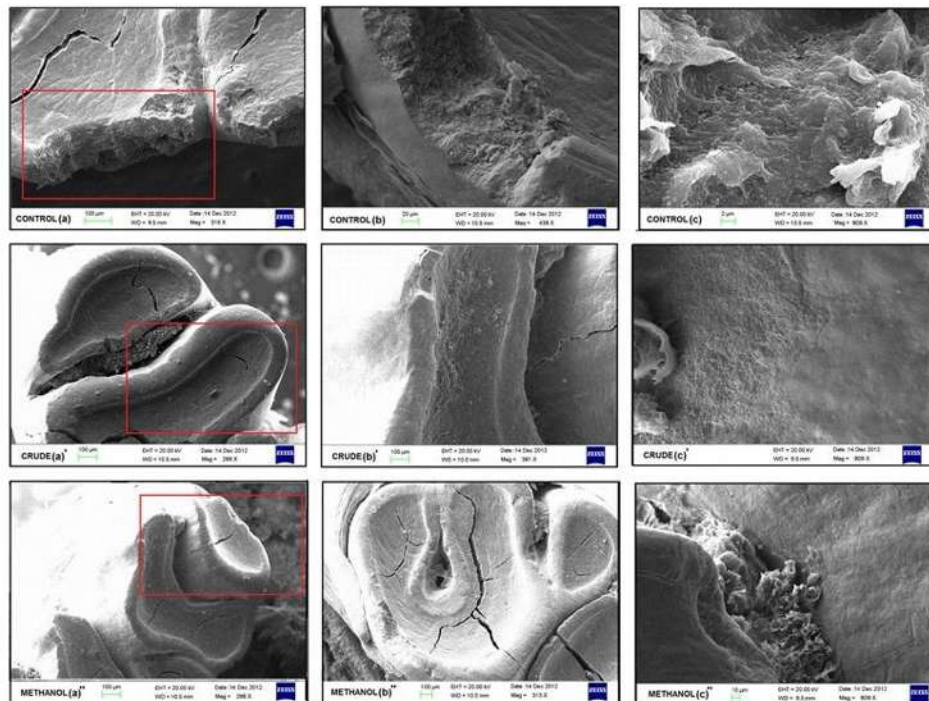
Hubo diferencias estadísticamente significativas en la acumulación de bacterias entre diferentes materiales de unión ( $P < 0,05$ ), siendo el menos conciso y más colonizado el Transbond XT por *S. sanguis*. (Wright *et al.*, 1996). Todos los materiales -tratados con 0,05 por ciento de fluoruro de sodio, el enjuague bucal

---

mostró más del 50 por ciento de reducción en la formación de biofilm. El 0,2 por ciento de gluconato de clorhexidina al enjuague bucal mostró reducción significativa de formación de biofilm en todos los materiales, excepto en Ketac Cem.

Este estudio *in vitro* demostró que el uso de una resina compuesta químicamente curada redujo la temprana formación de *S. sanguis* y la formación de biofilm. Además el fluoruro tenían un mayor efecto en la reducción del PSC por *S. sanguis* que la clorhexidina según Wright *et al.*, 1996. Enjuagar con fluoruro de sodio al 0.05 por ciento antes de la colocación de los aparatos de ortodoncia es eficaz en la reducción de la formación de biofilm temprano. (Hallgren *et al.*, 1992; Wright *et al.*, 1996).

Así bien en el estudio de Hassan *et al.*, 2015 se demuestra que la formación de biopelículas está presente en dientes de rata con desmineralización, fig. 15.





---

Fig. 15. Micrografías electrónicas de barrido de dientes de ratas. Para evaluar el desarrollo de la caries y la extensión de la desmineralización en no tratado (a) y los grupos tratados con el extracto crudo metanólica (b ' & b "). Fila c, c ' & c superficie dental de los dientes para observar la formación de biopelículas. Grupo B, B ' y B muestra el área ampliada respectivamente. (Fuente: Hasan S *et al.*, 2015).

## RESINAS

La búsqueda de un material alternativo dio origen hacia 1945 a las Resinas Acrílicas sin relleno las que fueron mejorando hasta convertirse en un material bastante utilizado en la década de 1960. Los acrílicos sin relleno, o resinas acrílicas, son materiales de origen orgánico, y por lo mismo poseen todas las propiedades que corresponden a estos materiales. Aunque eran insolubles y no se deshidrataban como los silicatos, poseían desventajas tales como su gran contracción de polimerización y sus cambios dimensionales térmicos (que favorecían la microfiltración), además de su escasa rigidez y pobre resistencia mecánica al desgaste, todo lo cual finalmente derivaba en la pérdida de la restauración, la necesidad de recambio o la aparición de caries secundaria. A todo esto se le sumaba la variación de color debido a la pigmentación que experimentaban a través del tiempo, a pesar que recién instalados su estética era aceptable. Estas propiedades negativas para su uso clínico se debían a la estructura química que tienen los materiales de origen orgánico, a la presencia de un monómero de bajo peso molecular, al sistema de activación utilizado y a la

---

gran cantidad de monómero residual presente por unidad de volumen de la restauración.

Las resinas de dimetacrilato reforzadas surgen en la década de 1960 y su empleo se ha ido incrementando progresivamente, hasta convertirse en el material más usado en restauraciones estéticas directas. Ellas tienen sus orígenes en las resinas acrílicas introducidas a la práctica Odontológica en 1945, la que consistía en una mezcla de finos granos de prepolímero (polvo), más un líquido, que contiene monómero de metacrilato de metilo, un agente de cadenas cruzadas y activadores, según fuera el sistema de polimerización.

Sin embargo, estos materiales no satisfacían las expectativas clínicas y es así como se trató de incorporar un relleno a este monómero, con el fin de aumentar su resistencia mecánica y disminuir los cambios dimensionales atribuidos al metacrilato de metilo, y no es hasta la década de 1960 cuando Bowen *et al.*, sintetizó un nuevo monómero, derivado de la combinación de una molécula epóxica como el bisfenol A con un glicidil dimetacrilato. La molécula resultante fue denominada BisGMA y poseía un mayor peso molecular que los monómeros de las resinas acrílicas. A ella se le agregaron partículas de relleno inorgánico, las que fueron tratadas superficialmente con un vinil silano, con el fin de permitir una buena unión entre ambas partes. De esta forma se lograba disminuir la contracción de polimerización, el alto coeficiente de expansión térmica y la baja resistencia mecánica, además del posible daño pulpar, todas estas propiedades atribuidas a las resinas acrílicas.

---

Este nuevo polímero daba inicio a la era de las resinas compuestas, las que se definen como: “una combinación tridimensional de al menos dos materiales químicamente diferentes con una interfase distinta que une los componentes”.

De acuerdo a esto, la composición de las resinas compuestas la constituyen tres fases a saber:

a) Matriz orgánica: constituida por un monómero que puede ser BisGMA o un dimetacrilato de uretano (UDMA). Estos oligómeros de BisGMA y UDMA son líquidos muy viscosos, lo que hace que al ir incorporando el relleno, se produzca una masa poco trabajable, de allí que para controlar la consistencia de la pasta de composite, se les añaden monómeros de bajo peso molecular tales como el TEGDMA, el BISEMA6 o el BISEMA10, los que actúan como solventes del BisGMA o del DMU, controlando así su viscosidad, y permitiendo agregar mayores cantidades de relleno inorgánico, sin alterar la capacidad de trabajo del material resultante.

Sin embargo, estos monómeros solventes, al ser de menor peso molecular, aumentan el grado de contracción del material al polimerizar, motivo por el cual su adición debe ser muy controlada para evitar un efecto negativo sobre esta propiedad.

Los oligómeros y monómeros reaccionarán formando un polímero, por la presencia de dobles enlaces entre los carbonos de los grupos terminales de cada uno de ellos.

---

b) Fase inorgánica: constituida por las partículas de relleno inorgánico, tales como el cuarzo, sílice, silicato de litio, aluminio, cristales de bario, estroncio, cinc y/o terbio.

c) Fase de unión o acoplamiento: con el fin de conseguir una óptima unión entre el relleno inorgánico y la matriz polimérica, se tratan las superficies de los rellenos, a manera de transformar su superficie organofóbica en una organofílica. El tratamiento más corriente es el que utiliza un derivado de silano, que corresponde a una molécula bifuncional, la que puede reaccionar con el relleno inorgánico y la matriz orgánica simultáneamente, consiguiendo de ese modo el acoplamiento del relleno y la matriz. (Fuentes *et al.*, 2005).

## RESINAS COMPUESTAS

Las resinas compuestas se presentaron en un comienzo en forma de un polvo, que era principalmente el relleno inorgánico silanizado y de un líquido, el que estaba constituido por la fase orgánica a polimerizar. Así al hacerse la mezcla y endurecer el material, quedaba constituida la resina compuesta.

Inicialmente los rellenos estaban constituidos por cristales de cuarzo, sílice y alúminosilicato, los que carecen de átomos de número atómico suficientemente elevado para ser radiopacos. Los rellenos de partículas finas que contienen bario, estroncio, cinc y/o terbio son radiopacos, y está radiopacidad depende del número atómico y es proporcional al porcentaje volumétrico de relleno.

---

Los primeros composites contenían partículas de relleno, cuyo tamaño podía alcanzar entre 30 a 50  $\mu\text{m}$ , y por ello fueron denominados como de macrorrelleno. Estas partículas constituyentes eran muy largas y más duras que la matriz polimérica, por lo que estos materiales tenían gran dificultad para obtener una adecuada superficie pulida. Una alternativa la constituyeron los composites con partículas de 0.04  $\mu\text{m}$ , llamados de microrrelleno. Actualmente, la mayoría de los composites tiene partículas de relleno con un tamaño medio de 0.04  $\mu\text{m}$  a 0.9  $\mu\text{m}$  con partículas mayores y menores a ese tamaño, llamados composites microhíbridos, los cuales mezclan las características de resistencia de las resinas de macrorrelleno y las ventajas en el pulido y terminación superficial de las de microrrelleno.

Para lograr el endurecimiento del material, este debe polimerizar, para lo cual los monómeros deben ser activados mediante el aporte de energía que logre desdoblar el doble enlace de sus grupos terminales.

En un principio las resinas compuestas poseían un sistema de activación química, induciendo su polimerización por medio de un peróxido orgánico iniciador y una amina orgánica aceleradora, los cuales no se debían mezclar hasta el momento en que se fuera a efectuar la restauración. Por lo anterior los sistemas de activación química se presentaban en forma de dos pastas, con el iniciador en una y el acelerador en la otra pasta del composite. Sin embargo, estos materiales presentaban inestabilidad en el color por esta reacción amina-peróxido, de allí entonces surge la activación física por luz UV y más tarde por luz visible, siendo esta última la utilizada en la actualidad.

---

El sistema activado por luz visible utiliza una luz intensa, que es absorbida por una dicetona (conforquinonas) (propanodionas agente fotosensible o fotoiniciador) en presencia de una amina orgánica alifática, iniciando así la reacción de polimerización en tiempos de exposición que van de veinte a sesenta segundos. La amina y la dicetona forman parte de la pasta de composite, y no se produce ninguna reacción entre ellas hasta la exposición a la luz y por ello el material se presenta como una única pasta de composite, en una jeringa negra y opaca.

La polimerización consiste en la reacción de transformación del monómero a polímero y en el caso de las resinas compuestas, es un tipo de reacción por adición mediante radicales libres, la que ocurre en tres etapas a saber:

1. Etapa de iniciación: la molécula del iniciador (peróxido o dicetona), se energiza y se activa, formando radicales libres, lo que representa energía extra al sistema. Esta energía es transmitida a las moléculas de monómero, permitiendo el desdoblamiento del doble enlace del grupo terminal de los monómeros.

2. Etapa de propagación: corresponde a la reacción en cadena hasta que se agota el monómero.

3. Etapa de terminación: ocurre cuando dos moléculas de polímero se transfieren la energía (acoplamiento directo), inactivándose mutuamente.

La reacción de polimerización se acompaña siempre de dos fenómenos: uno de ellos es la exotermia, que se produce debido a que el material pasa de un estado de mayor a otro de menor energía, donde la diferencia energética entre ambos se libera calóricamente. El segundo fenómeno asociado a la polimerización es la contracción, que es el resultado del acortamiento de la distancia entre las

---

moléculas del producto, ya que ellas deben aproximarse para poder reaccionar entre sí, disminuyendo así el volumen total de la masa.

Además de su uso masivo en restauraciones de piezas dentarias anteriores, las resinas compuestas pueden utilizarse en restauraciones oclusales que no estén sometidas a fuerzas oclusales intensas, en sellantes de puntos y fisuras, en restauraciones indirectas tipo inlays u onlays y como material de cementación en la ortodoncia. (Castro *et al.*, 2013).

### CONTRACCIÓN DE POLIMERIZACIÓN

Un factor importante a considerar en el uso de los composites, es la adaptación marginal, pues la contracción de polimerización, según su grado, puede generar una brecha entre el diente y la restauración, lo que podría afectar la longevidad de la restauración, haciéndola fracasar. Es sabido que los composites que contienen partículas de relleno se contraen en menor medida que aquellos que no poseen relleno, pues dicha contracción es proporcional a la cantidad de matriz orgánica. Además, las tensiones generadas por la contracción de polimerización, pueden superar la fuerza de adhesión de los composites a la estructura dental, a pesar del grabado ácido del esmalte y el uso de adhesivos, lo que se traduce en filtraciones marginales, que hacen fracasar la restauración.

Este fenómeno físico-químico se ha denominado factor C, del cual se hablará ampliamente a continuación. (Benetti *et al.*, 2014).

---

## FACTOR C

Hay dos términos de los que se ha hablado mucho recientemente, relacionados con los problemas más importantes en la obturación con resinas, estos son: tensión y contracción de la resina. Estos términos están muy relacionados con el Factor C, que se define como el factor de configuración cavitaria. El Factor C se define como el número de superficies adheridas y no adheridas en una cavidad preparada, y es el resultado de dividir la cantidad de paredes, donde habrá adhesión (superficie adherida), por la cantidad de paredes libres de adhesión (superficie no adherida).

Para entender este concepto es más fácil hacer una fórmula y se debe tener presente al realizar una obturación con resina:  $\text{Factor C} = \frac{\text{superficie adherida}}{\text{superficie libre}}$ .

La primer figura ilustra cómo se observan las paredes de la cavidad, sin colocar resina (fotografías de cortesía Dr. Milicich) (Figura 16). La siguiente ilustración muestra una cavidad con una pared adherida, donde obviamente no existe stress, teniendo un Factor C favorable de 0.2 (Figura 17). En una cavidad clase III (Figura 19) tenemos tres paredes adheridas y tres no adheridas, con un Factor C de 1. La siguiente ilustración nos da la similitud a una cavidad clase II, tenemos un Factor C de 2; en ella se tienen 4 superficies adheridas y dos no adheridas (Figura 20).



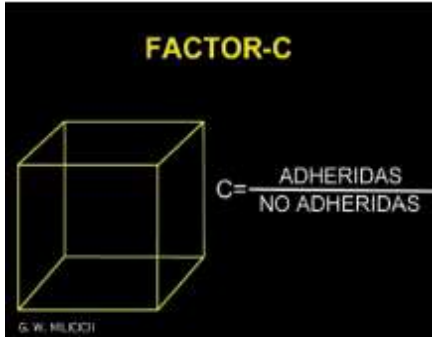


Fig.16. Se observan las paredes de la cavidad, sin colocar resina.

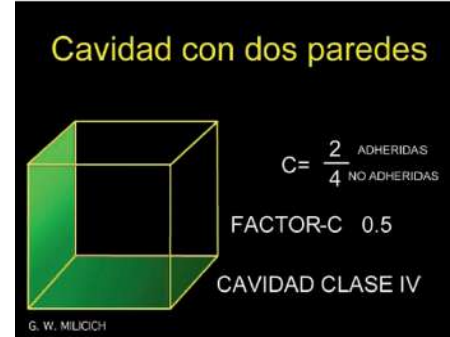


Fig.18. Al tener dos paredes adheridas y Cuatro no adheridas el Factor C también es favorable: 0.5.



Fig.17. Muestra una cavidad con una pared adherida, donde obviamente no existe stress, teniendo un Factor C favorable de 0.2.



Fig.19. Se observan tres paredes adheridas y tres no adheridas, con un Factor C de 1

Para fig. 16-19 (Fuente: Cedillo et al.,2010).

Al tener dos paredes adheridas y cuatro no adheridas el Factor C también es favorable: 0.5. Esto se ejemplifica con una cavidad clase IV (Figura 18).

Por último, en la Figura 21 se ejemplifica una cavidad con cinco paredes adheridas y una no adherida, dando como resultado un Factor C de 5. Esta figura es similar

---

a cavidades clase I y V de Black, que son las más comunes y críticas, y en las que es muy importante disminuir el Factor C.



Fig.20. En esta imagen se tienen 4 superficies adheridas y dos no adheridas con un factor C de 2.

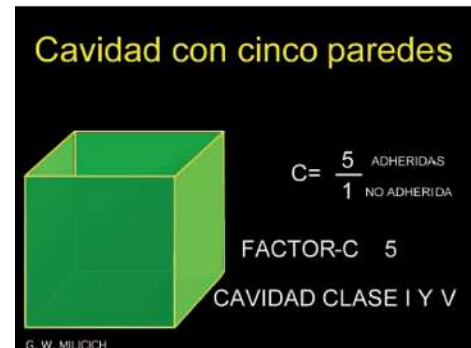


Fig.21. Se ejemplifica una cavidad con cinco paredes adheridas y una no adherida, dando como resultado un Factor C de 5. Cavidades más comunes y críticas.

Para fig. 20 y 21 (Fuente: Cedillo *et al.*, 2010).

---

## CORRECCIÓN DEL FACTOR “C”

Con el fin de limitar los efectos de la contracción de polimerización, se sugiere aplicar y polimerizar al composite por capas. Se puede reducir el estrés residual al interior de la masa a polimerizar si se guía la contracción de polimerización, se minimiza la masa de composite a polimerizar en la cavidad y se reduce la proporción de superficie de material adherido a las paredes cavitarias, en relación a la superficie que queda libre.



Fig. 22. En ésta fórmula siempre es importante colocar la resina, buscando un Factor C de 0.5, ya que con ello va a existir menos tensión al contraerse la resina después de polimerizarla, ya que al colocar la resina en dos paredes, se contrae hacia las mismas. (Fuente: Cedillo *et al.*, 2010).

---

## LAS RESINAS DENTALES EN LA CLÍNICA

En relación a los múltiples factores que influyen en el sellado marginal de las restauraciones de resinas compuestas, me referiré al concepto de la capa inhibida de oxígeno en contornos de brackets bondeados con composite.

Ahora bien, nuestra comprensión de biofilm de la placa dental ha evolucionado desde la hipótesis de la placa no específica que considera a la placa como una masa inespecífica de microorganismos nativos que, debido a la falta de higiene oral, se acumula en proporciones lo suficientemente grandes para superar el umbral de la resistencia del huésped y afectar la estructura dental y los tejidos de soporte. Una gran diversidad de microorganismos, se detectaron es decir, más de 700 especies en la cavidad oral, y la evidencia muestra que la investigación de determinados microorganismos o asociaciones de microorganismos como agentes etiológicos de las enfermedades periodontales y caries no es un enfoque simplista. De estos microorganismos tenemos a los *Streptococcus* de estos se destacan *S. Sanguis* *S. mutans*, *S. gordoni*, *S. crista* *S. miti* y *S. oralis*, en cuanto a los microorganismos filamentosos se encuentra con mayor prevalencia *Actinomyces* *vicosus*, *A. naieslundii* y *Veillonellas*.

Aunque la evidencia clínica muestra que la higiene oral mecánica es fundamental para prevenir la caries y la enfermedad periodontal, es importante destacar que el control óptimo no se consigue por la mayoría de los individuos. Así, el uso complementario de agentes quimioterapéuticos ha sido investigado como una manera de superar las deficiencias de los hábitos de higiene oral

---

mecánica, la medida en que reducen tanto la formación de placa y la inflamación gingival, y representan una estrategia válida para cambiar la biopelícula y mantener la salud dental y periodontal. El papel del profesional de la odontología es controlar a los pacientes y ofrecerles las mejores recomendaciones para preservar la salud oral durante toda su vida. Con esto en mente, el control químico debe indicarse como parte de la higiene oral diaria, junto con procedimientos mecánicos, para todos los individuos que presentan biofilm supragingival y / o subgingival, teniendo en cuenta la edad, limitaciones físicas y / o psicológicas, las alergias, y otros factores. (Rodel *et al.*, 2012).

## TEJIDOS DENTALES

### -Esmalte dental

El esmalte es considerado una de las capas más duras del cuerpo a esta la podemos encontrar externamente cubriendo a la corona anatómica del diente, es un tejido traslúcido, la dureza del esmalte se debe a la proporción de minerales de los que está formado, hidroxapatita y fosfato de calcio y corresponden de un 89% a un 91%, el resto corresponde a material orgánico, matriz orgánica y agua.

El esmalte dental o tejido adamantinado, es una cubierta compuesta por Hidroxapatita (mineral más duro del cuerpo humano y también presente, pero en menor densidad, en huesos), de gran pureza, que recubre la corona de los órganos dentarios, afectando a la función masticatoria. Está en contacto directo con el medio bucal en su superficie externa, y con la dentina subyacente en su

---

superficie interna. En el cuello tiene contacto con el cemento que recubre la raíz, siendo extremadamente delgado a este nivel y aumentando su espesor hacia las cúspides, donde alcanza su espesor máximo de entre 2 y 2.5 mm en piezas anteriores y hasta 3 mm en piezas posteriores.

El esmalte es translúcido, de color blanco o gris azulado. El color de los dientes está dado por la dentina, color que se trasluce a través del esmalte. El color de la dentina está determinado genéticamente. Generalmente los dientes presentan un color blanco, excepto en el borde incisal, donde predomina el color gris azulado del esmalte. Debido a que es una estructura cristalina anisótropa, el esmalte es un tejido birrefringente (doble refracción). El esmalte está formado principalmente por material inorgánico (90%) y únicamente una pequeña cantidad de materia orgánica (2.9%) y agua (4.5%). El material inorgánico del esmalte es similar a la apatita.

(Robinson *et al.*, 1981).

- Compuestos adamantinos

El análisis de los componentes minerales del esmalte revela que predomina en ellos el calcio en forma de fosfatos, de los cuales el más abundante es el del calcio hidratado, denominado por sus características químicas, hidroxiapatita. Pueden aislarse proteínas en varias fracciones diferentes, y éstas en general contienen un alto porcentaje de serina, ácido glutámico y glicina. En suma, la proteína del

---

esmalte es de tipo estructural, muy especial por sus aminoácidos constituyentes y a la cual se le ha denominado amelina o enamelina.

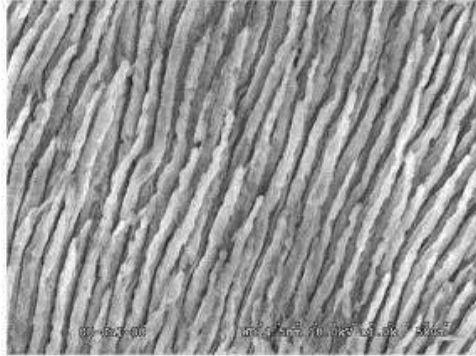
Dentro de las sustancias no proteicas del esmalte se citan asimismo al ácido cítrico o citratos, carbohidratos como galactosa, lípidos, etc. Las células encargadas de la formación de esmalte son los ameloblastos.

-Morfología e histología adamantina

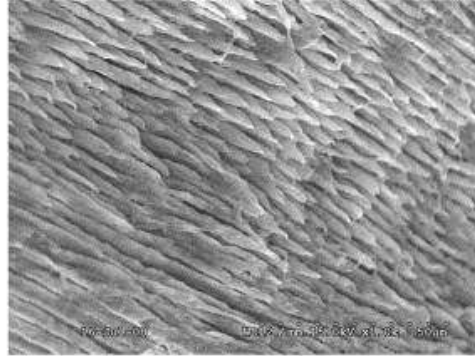
**Prismas:** Son varillas o prismas de esmalte, dispuestas oblicuamente sobre la superficie del diente. Y dependiendo de la clase y subclase del ser vivo mamíferos/no mamíferos los prismas se dispondrán de diferente forma como se observa en la Fig. 23.



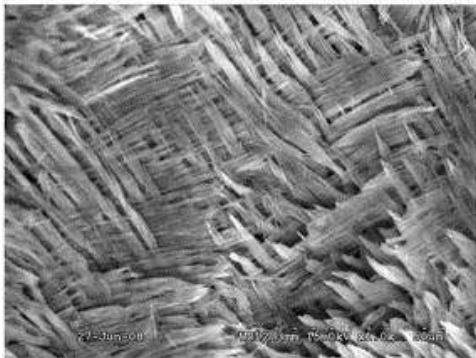
**Homo sapiens**



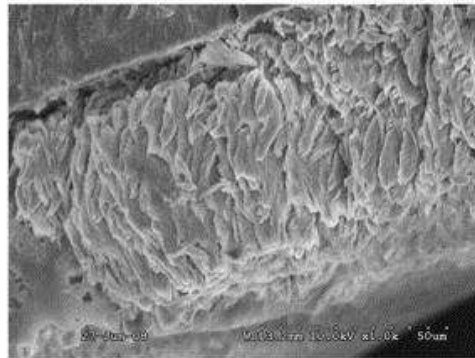
**Sus scrofa**



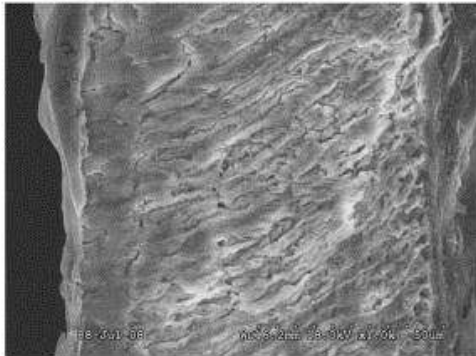
**Bos taurus**



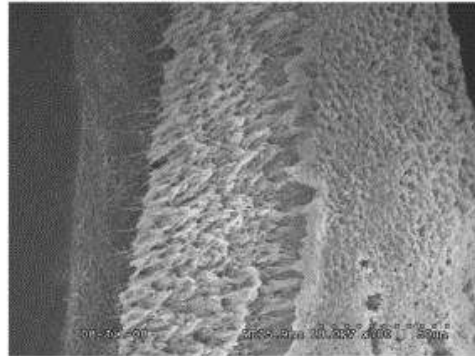
**Didelphis virginiana**



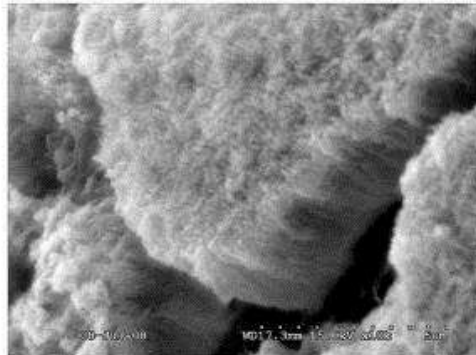
**Pontoporia blainvillei**



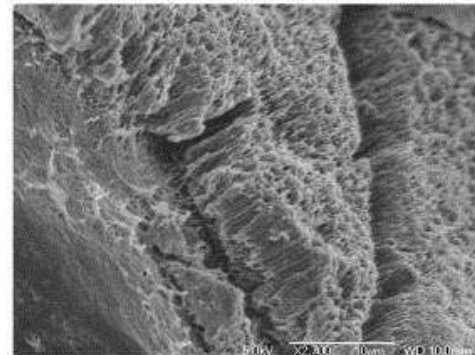
**Uromastix maliensis**



**Iguana iguana**



**Rana pipiens**





---

Fig. 23. Micrografías electrónicas de barrido con resolución de largos y paralelos prismas del esmalte en los omnívoros (humanos, el *Homo sapiens*, y cerdo). Prismas del esmalte y la transición no mamífero / mamífero. La estructura en rumiantes (*Bos taurus*) y marsupiales (*Virginia zariqüeya*, *Didelphis virginiana*). La capa de esmalte de los delfines (La Plata delfines de río, *Pontoporia blainvillei*) es bastante delgada para los euterios (Los placentarios (Placentalia) o euterios (Eutheria del Griego εϋ-, eu- "verdadero/bueno" y θηρίον, thērion "bestia" por lo tanto "verdaderas bestias") son unos mamíferos de la subclase de los terios, carentes de huesos epibúlicos y de bolsa, hembras con la vagina sencilla, de ahí el nombre de monodelfos, que también se les da. Los dientes, menos los molares, tienen predecesores de leche, y el cerebro está provisto de cuerpo calloso) y consiste sobre todo en esmalte radial. El lagarto de cola espinosa (*Uromastix maliensis*) es único entre los escamosos donde su esmalte es prismático. En la mayoría de los escamosos (por ejemplo, Iguana verde, Iguana iguana) y anfibios (ranas leopardo por ejemplo, *Rana pipiens*) el esmalte está desprovisto de prismas.

(Fuente: Davis *et al.*, 2005).

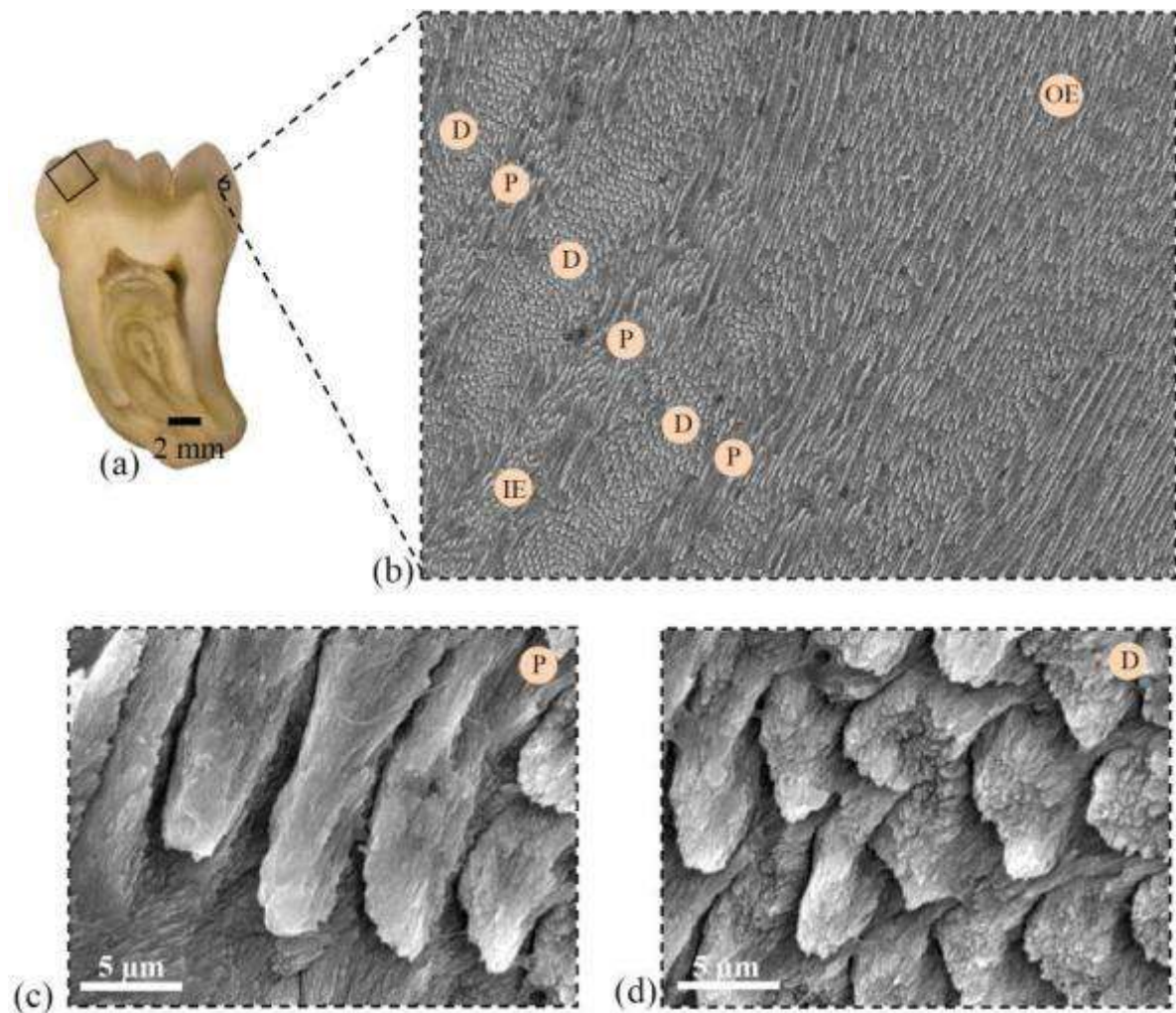


Fig.24 Micrografías electrónicas de barrido con disposición microestructural de prismas de esmalte. (a) Una sección de un diente y la posible inserción del esmalte. (b) Esmalte exterior (OE) y el esmalte interno (IE). Los prismas están orientados en su mayoría de forma recta en el esmalte exterior. La decusación, que es causada por el cruce de los haces de prisma, se observa sobre todo en las regiones interiores de las cúspides y el esmalte está compuesta de haces de prismas conocidos como Parazone (P) y diazone (D) se muestra en (c) y (d), respectivamente.

(Fuente: Bajaj *et al.*, 2009).

---

### **Bandas de Hunter-Schernger:**

También llamadas bandas oscuras y claras alternadas de ancho variable, se originan en el borde amelodentinario y se dirigen hacia fuera, terminando a cierta distancia de la superficie externa del esmalte.

El esmalte está formado por una célula llamada ameloblasto que significa formadora de esmalte. Este tejido no tiene la capacidad de regenerarse. Los estudios sobre las patologías del esmalte dental están comprendidas en dos áreas de la odontología tanto la patología bucal así como la cariología.

Al evitar la fijación química y usando una técnica de liofilización, resultó posible examinar histológicamente el órgano del esmalte de rata de incisivos mandibulares, al tiempo que conserva el esmalte adyacente del mismo diente para el análisis químico. Las dramáticas alteraciones que se producen en la histología del órgano del esmalte, tales como acortamiento del ameloblasto y el desarrollo de la capa papilar tienen diferencias significativas en cuanto a la absorción de minerales. Las células cortas de ameloblastos se asociaron directamente con el comienzo de una rápida absorción de iones fosfato durante la fase de maduración y también coincidió con el comienzo de un fuerte aumento en el contenido mineral. Por implicación, una cierta pérdida de matriz también puede ocurrir en este punto. El desarrollo de la capa papilar altamente vascular precedida de acortamiento celular ameloblástico, puede estar asociada con cambios en la matriz orgánica antes de su desaparición del tejido. Un mayor desarrollo de esta capa se asoció con acortamiento de la célula ameloblástica. Esto puede también, por tanto, estar

---

asociado con la absorción de minerales durante la maduración. (Diekwisch *et al.*, 2009).

## CARIES DENTAL

La caries dental, siendo una de las enfermedades más comunes que afectan a las personas de todo el mundo, tiene una naturaleza multifactorial que abarca acumulación de biofilm, determinante (exposición a azúcares y flúor) y factores de modulación (biológicos y sociales).

(Naiara *et al.*, 2014).

La caries dental se manifiesta como una enfermedad de cambio continuo aumentando la gravedad y destrucción del diente, que va desde cambios subclínicos a lesiones que afectan la dentina (Featherstone 2004; Kidd y Fejerskov 2004). Las etapas iniciales de la caries son asintomáticas, los síntomas comienzan después de que la lesión de caries ha avanzado en la dentina (Selwitz *et al.*, 2007). El estándar actual para la detección de caries en las encuestas epidemiológicas en la mayoría de los países es la Organización Mundial de la Salud (OMS; 1997, 2013) los criterios utilizados son medir la caries a nivel de cavitación.

La caries dental es una enfermedad crónica que afecta a niños y adolescentes. Aunque en gran medida es prevenible, el 42% de los niños en los EE.UU. tienen algún deterioro en dientes (primarios), y el 59% de los adolescentes tienen caries en los dientes permanentes. La caries dental se produce cuando el esmalte duro que cubre la superficie del diente está dañado por el ácido, que es producido por

---

bacterias en la boca, específicamente bacterias contenidas en la placa dentobacteriana. (La placa es una sustancia pegajosa con bacterias, ésta se va formando con el tiempo por acúmulo de residuos de partículas de comida y saliva). Cuando se ingieren alimentos y comida especialmente bebidas azucaradas, las bacterias de la placa producen ácidos que atacan el esmalte de los dientes. La pegajosidad de la placa mantiene los ácidos en contacto con los dientes. La acumulación de placa puede prevenirse mediante el cepillado y uso de hilo dental. Los dentistas pueden detectar las caries antes de que cause "dolor de muelas", mediante el examen visual o por la toma de radiografías dentales, y pueden tratar la enfermedad mediante la eliminación del proceso carioso y sellar la cavidad con un "material de obturación dental." Sin embargo, si el proceso carioso ha dañado el nervio en el centro del diente, se requerirá de un tratamiento del conducto o la extracción del diente puede ser necesaria.

Generalmente, los expertos coinciden en que los azúcares desempeñan un papel causal en la caries dental. En consecuencia, en 2014, la Organización Mundial de la Salud (OMS) emitió un proyecto de directiva que recomienda un límite diario en el consumo de azúcares "libres" (azúcares añadidos a los alimentos por el fabricante, cocineros, o consumidores). También en 2014, la *Food and Drug Administration* (FDA) propuso que los paneles de información nutricional de los productos alimenticios envasados en los Estados Unidos deben enumerar los azúcares añadidos. Igual que con las propuestas hechas en el año pasado, de la Organización Mundial de Investigación de Azúcar, una organización comercial que

---

representa a las empresas con intereses económicos en la producción de azúcar, estas propuestas son un reto ya que argumentan, que, en lugar de tratar de limitar el consumo de azúcar, para prevenir el proceso carioso, debe centrarse en la reducción de los daños del consumo de azúcar. Aquí, los investigadores exploran cómo la industria azucarera ha buscado históricamente socavar o desvirtuar las políticas para restringir el consumo de azúcar, mediante el examen de los documentos internos de la industria relacionados con el lanzamiento de un programa de investigación orientado a identificar las intervenciones para erradicar la caries del diente Programa Nacional de Caries (NCP) -por *el Instituto Nacional de Investigación Dental* (NIDR) en 1971.

Los investigadores analizaron un archivo de 319 documentos internos de la industria azucarera 1959-1971 (los "papeles Roger Adams") y documentos NIDR para explorar cómo la industria azucarera intentó influir en el establecimiento de prioridades de investigación para la PNC. Su análisis indica que, ya en 1950, las organizaciones comerciales de la industria del azúcar habían aceptado que el azúcar daña a los dientes y habían reconocido que la comunidad dental favoreció la restricción de la ingesta de azúcar como una forma clave para el control de la caries. Por ello, la industria azucarera adoptó por una estrategia para desviar la atención hacia intervenciones de salud pública que reducirían los daños del consumo de azúcar. Esta estrategia incluía tácticas tales como la financiación de la investigación sobre las enzimas que rompen la placa dental y en una vacuna contra la caries dental, y cultivar las relaciones con el liderazgo NIDR. Cabe

---

destacar que el 78% de un informe presentado a la NIDR por la industria azucarera se incorporó directamente en la primera petición de la NIDR de propuestas de investigación para la PNC, y la investigación que podría haber sido perjudicial para los intereses de la industria azucarera (en concreto, la investigación de métodos para medir la propensión de los alimentos específicos para causar caries) fue omitido de las prioridades de investigación identificadas en el lanzamiento de la PNC.

(E. Kearns *et al.*, 2015)

Los resultados también sugieren que el PNC fue una oportunidad perdida para desarrollar una comprensión científica de cómo restringir el consumo de azúcar para prevenir la caries dental. De hecho, a pesar de que las caries se redujeron en un 20% entre 1971/1973 y 1980, el 64% de los niños siguen desarrollando caries una década después del lanzamiento de la PNC. Más importante aún, estos resultados ilustran cómo la industria del azúcar se ha protegido potencialmente de dañar la investigación del pasado; un enfoque similar también ha sido adoptada por la industria del tabaco. Estos resultados ponen de relieve la necesidad de examinar cuidadosamente la industria de oposición a las propuestas de directrices de la OMS y la FDA sobre el consumo de azúcar y el etiquetado, respectivamente, para asegurar que los intereses de la industria no interfieran con los esfuerzos actuales para mejorar la salud pública dental. (E. Kearns *et al.*, 2015).

---

En 2010, la caries no tratada en los dientes permanentes fue la condición más frecuente en todo el mundo, afectando a 2,4 mil millones de personas, y las caries no tratadas en los dientes primarios fue la condición décima más frecuente, afectando a 621 millones de niños en todo el mundo. La edad de prevalencia e incidencia mundial de la caries no tratadas se mantuvieron estáticos entre 1990 y 2010. Hay pruebas de que la carga de las caries no tratadas se está desplazando desde niños hasta adultos, con 3 picos de prevalencia en las edades de 6, 25 y 70 y además, había considerables variaciones en la prevalencia y la incidencia entre regiones y países. Los responsables políticos deben ser conscientes del aumento de las caries no tratadas predeciblemente debido al crecimiento de la población y la longevidad y una disminución significativa en la prevalencia de la pérdida total de los dientes en todo el mundo desde 1990 hasta 2010. (Kassebaum *et al.*, 2015).

## CEPILLADO EN ORTODONCIA

El control eficiente de la placa es un factor importante en el mantenimiento de la salud dental durante la ortodoncia fija. Estos pacientes tienen un mayor riesgo de desarrollar lesiones de mancha blanca y de inflamación gingival debido a la alteración de higiene. (Zachrisson, 1976; Mitchell, 1992; Atack *et al.*, 1996., O'Reilly y Featherstone, 1987; Legott *et al.*, 1984; Huser *et al.*, 1990). Los brackets, los arcos, y otros aparatos adicionales son un foco para la acumulación de placa y una obstrucción para la eliminación de la placa, lo que lleva a aumentar



---

el número de *Streptococcus mutans* y lactobacilos (Liu *et al.*, 2004). La presencia de los aparatos de ortodoncia fijos también requiere de la habilidad y el aumento del esfuerzo para mantener un buen nivel de higiene oral.

Las aplicaciones de fluoruro y / o agentes antibacterianos son recomendadas para reducir estos efectos secundarios no deseados (Øgaard *et al.*, 1980, 1988). Una revisión sistemática del efecto de las medidas de prevención de caries durante el tratamiento de ortodoncia confirmó la inhibición a la desmineralización con el uso de pasta de dientes y gel con una alta concentración de fluoruro de 1500-5000 ppm o complementados con clorhexidina (Derks *et al.*, 2004). Tales medidas dependen de la higiene profesional o el cumplimiento del paciente. El sellado de la superficie del esmalte con agentes de unión a base de resina se han propuesto para proteger al esmalte contra la desmineralización (Miwa *et al.*, 2001; Fornell *et al.*, 2002). El uso de un recubrimiento polimérico de dientes alrededor de los brackets mostró casi ningún efecto sobre la inhibición de la desmineralización (Derks *et al.*, 2004).

La eliminación de la placa mediante el cepillado dental sigue siendo el método preventivo más efectivo (Hotz *et al.*, 1998). El uso de un cepillo de dientes estándar es suficiente para eliminación adecuada de la placa. Numerosos tipos de cepillos de dientes se han diseñado y promovido para los pacientes de ortodoncia, cabezal en forma de V, sin embargo, el cepillo de cerdas planas ha resultado ser el de mayor eficacia en los aparatos de ortodoncia (Sander *et al.*, 2005; Schätzle *et al.*, 2009).

---

La introducción de cepillos de dientes eléctricos ha tendido a mejorar la eficacia general y la aceptación del paciente. Hoy en día se encuentran en el mercado diversos diseños y modalidades de acción y todos afirman ser más eficaces que los cepillos manuales.

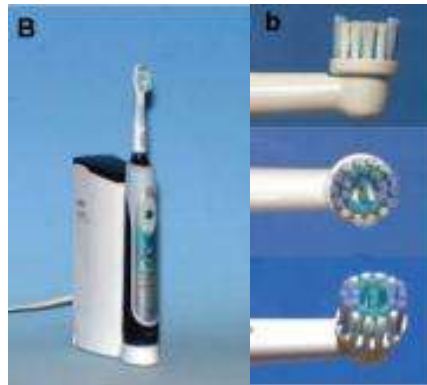


Fig.25. Cepillo Sonic Waterpik® (Fuente: Schätzle *et al.*, 2010).

En el estudio realizado por Marc Schätzle *et al.*, 2010 el cepillo Sonic Waterpik® 800E SR con la cabeza estándar arrojó una eficacia de limpieza con superioridad estadísticamente significativa de los dientes con los aparatos de ortodoncia fijos.

Varias prácticas de mantenimiento de higiene oral han sido sugeridas para no afectar a la capacidad de limpieza de los pacientes. Esto incluye la demostración del cepillado, técnica en donde el cepillo va alrededor y entre los brackets ortodónticos, otros diseños de cepillos han sido fabricados (Zafar-ul-Islam *et al.*, 2014). Como los interdetales y eléctricos, el uso de enjuagues bucales e hilo dental también deben ser incluidos en el cuadro de higiene bucal.

Por lo tanto, la placa dental acumulada es la puerta a una microflora que produce desechos tóxicos y ácidos. Como consecuencia, la estructura de los dientes y los diseños de los brackets son puestos en peligro, mientras que los riesgos pueden

---

variar desde gingivitis simple, lesiones de mancha blanca, cavitación de caries hasta pérdida de hueso interdental.

El uso de cepillo interdental, enjuague bucal y frecuente cepillado realizado mínimo dos veces al día, ayuda a reducir la placa significativamente. (Renato Moreira *et al.*, 2007).

En el estudio realizado por Zafar la acumulación de placa es significativamente menor entre más cepillan los dientes los pacientes que va de dos a más veces al día, y no se presentó diferencia significativa en la acumulación de placa para variables como la edad, el género, la situación socioeconómica, hábitos alimenticios, uso de enjuague bucal, tipo brackets y duración del tratamiento.

(Zafar-ul-Islam *et al.*, 2014).

Berlin-Broner recomienda que los ortodoncistas deban aumentar su conciencia y el compromiso de instruir a sus pacientes sobre la manera de mantener una buena higiene bucal para prevenir la caries y la enfermedad periodontal durante el tratamiento de ortodoncia.

(Berlin-Broner *et al.*, 2014).

## ENJUAGUES BUCALES

La práctica de la higiene dental satisfactoria es uno de los principales temas que encuentran los pacientes de ortodoncia. La imposibilidad de lograr este objetivo hace que estos pacientes se vuelvan vulnerables a la caries dental. Eso es porque los aparatos fijos de ortodoncia inhiben el cepillado dental eficaz y causa potencial retención de alimentos, que a su vez, esta interfiere con la homeostasis de la

---

cavidad oral, es decir, cambios en el pH de la saliva y la composición de la flora oral y en consecuencia aumenta la acumulación de placa dental. (Gaudrón *et al.*, 2007).

La formación de placa dental es el paso inicial para el inicio de la enfermedad de caries y es el *Streptococcus mutans* (*S. mutans*) al que se le considera el colonizador principal del biofilm. (Enita *et al.*, 2011). Durante el tratamiento de ortodoncia, se ha observado un aumento de hasta 5 veces en el número de *S. mutans* (Peros *et al.*, 2012) Estas consideraciones implican la necesidad de medidas profilácticas contra la colonización de *S. mutans*.

El uso de enjuagues bucales se ha introducido como una manera eficaz para reducir la acumulación de placa dental. (Sari *et al.*, 2017). Son utilizados con frecuencia los enjuagues bucales antisépticos con clorhexidina (CHX) ya que se conoce que es el agente químico más potente. Actualmente, debido a efectos secundarios indeseables reportados del consumo de CHX, como lo son, pigmentaciones, la tendencia a utilizar enjuagues bucales a base de hierbas se ha incrementado. Por el momento no hay colutorio más eficaz que la clorhexidina. (Fereshteh Saffari *et al.*, 2015)

---

## OBJETIVO GENERAL

- Determinar si existen diferencias en el acúmulo de biofilm dental sobre sistemas adhesivos en presencia o ausencia de la capa inhibida de oxígeno en base a una revisión en la literatura.

---

## JUSTIFICACIÓN

La búsqueda continua de una cavidad oral más saludable se basa en hacer de la odontología preventiva algo más eficiente, para los expertos en el área según la literatura es que el paciente que trae algún dispositivo extraño o diferente a las estructuras dentarias naturales, dificulta la higiene y la hace doblemente difícil, a pesar de que este brinde funcionalidad, y al estar trabajando con dispositivos como brackets los problemas que se generan más frecuentemente en los pacientes, según los reportes, son las manchas en los contornos de los brackets, adyacentes a los sistemas adhesivos por el gran acúmulo de biofilm durante el tratamiento ortodóntico. Por ello se trató de buscar una alternativa a este gran problema en dónde la presencia de una capa inhibida de oxígeno indica que al estar colocando resinas con poca polimerización en su última capa la hace más susceptible al acúmulo de bacterias, por una mayor porosidad, mayor filtración de líquidos y microfracturas.

La nula información que hay del tema respecto a ortodoncia lo hace imprescindible para revisar el estado actual del tema en la literatura.

Se es consciente de que el mantenimiento de una adecuada higiene oral depende del paciente, pero el compromiso como odontólogos es ofrecer las mejores condiciones en materiales y en tratamientos.

---

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se propuso como objetivo principal saber qué grado de afectación está registrado en las resinas cuando hay interacción de éstas con contaminantes o retardadores como lo es el oxígeno atmosférico y si este cambio de su superficie influye en el grado de acúmulo de biofilm. Para ello se realizó la búsqueda de material científico en artículos de investigación biomédica. Ofrecido por la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos PubMed y journals contenidos en Science Direct, Springer Link, Elsevier y La Biblioteca Cochrane en un periodo de Mayo de 1981 a junio del 2015.

En los criterios de búsqueda se incluyeron estudios aleatorios y comparativos. Las palabras clave de búsqueda fueron: “*Oxygen layer inhibition*”, “*composites*”, “*free radical polymerization*”.

---

## DISCUSIÓN

La literatura reporta en la mayor parte de los casos que como en los estudios de Schulz en 1947 y Ondian en 1991 que los inhibidores son necesarios, tanto en la fabricación de la resina de poliéster insaturado, como en su almacenamiento y aplicación. Si bien el mecanismo de inhibición no está totalmente claro, las evidencias y los procedimientos analíticos sobre su influencia en cuanto al acúmulo de biofilm en cavidad oral han hecho posible calcular que existen inhibidores contaminantes (Schulz *et al.*, 1947).

Rubén Carmona en el 2005 y Hageman en el 2008 mencionan que durante los procesos de la polimerización y específicamente durante la etapa de propagación existe interacción con impurezas o inhibidores. El oxígeno es el inhibidor más común. La cadena en crecimiento va a reaccionar con el oxígeno molecular, produciendo un radical oxígeno, que es mucho menos reactivo. Esto reduce de forma considerable la velocidad de propagación obteniendo una resina poco polimerizada y vulnerable al acúmulo de bacterias orales. (Carmona *et al.*, 2005).

Werner en 1996, menciona que “La presencia de oxígeno a través de la irradiación de luz origina una capa rica de resina inhibida en la superficie superior de la resina compuesta” y Essam confirma tal aseveración en su estudio donde menciona que tales restauraciones en su superficie son más susceptibles a la tinción si una capa de resina permanece inhibida. Los autores tienen diferentes



---

opiniones respecto a la capa inhibida. Unos en el vector químico y otros en los resultados clínicos. Pero nadie concreta el grado de afección o de susceptibilidad de la resina inhibida al acúmulo de biofilm. En los estudios de Owen *et al.*, 2009 y de Werner *et al.*, 1996 reflejan que la última capa de resina expuesta al medio ambiente con capa inhibida de oxígeno si se ve afectada porque queda poco polimerizada lo que la hace menos resistente y más susceptible a la tinción y al acúmulo de biofilm aunque no se especifica en qué grado y que tipo de flora es la colonizadora. Por otro lado en los artículos en donde se habla sobre la presencia de una capa inhibida de resinas incrementales Ayumi en 2014 asegura que una capa relativamente delgada no afecta significativamente el grado de polimerización y esto significa que al no cambiar sus propiedades, no se hace vulnerable a lo antes ya mencionado relacionado con el biofilm dental.

Y bien, si se busca una reducción en el acúmulo de biofilm Hotz *et al.*, 1998, sugiere que una eliminación total de la placa se consigue mediante el cepillado dental y que esto sigue siendo el método preventivo más efectivo.

En otros estudios como en el de Ning Zhang., et al 2015 hablan sobre la incorporación de agentes dobles (antibacterianos NAG + MPC proteína repelente) en RMGI y resina modificada para lograr una inhibición mucho más fuerte contra las biopelículas que usar un agente solo como alternativa. En sus resultados el biofilm en contornos de brackets es reducido sustancialmente esto es prometedor como un cemento de ortodoncia para combatir lesiones de mancha blanca en el esmalte.

---

La mayoría de los estudios que se han realizado respecto a la capa inhibida de oxígeno están basados en la resistencia al cizallamiento de resina incremental y sólo unos cuantos están basados en la calidad de la última capa de resina y ninguno está basado en su influencia en el acúmulo de biofilm.

Derivado de lo anterior y debido a la patología relacionada al acúmulo de biofilm sobre la capa inhibida de oxígeno sobre las resinas empleadas en ortodoncia, sería deseable que el personal dedicado al área ortodóntica, indicara la manera más eficaz de eliminar la capa inhibida, para beneficio del paciente. Más aún se debería instituir durante la consulta sobre el cementado de brackets ortodónticos un protocolo que asegure la eliminación de la capa previa salida del paciente de la consulta ortodóntica. Para evitar la apariencia antiestética del cambio de coloración de la adhesión del bracket derivada del acúmulo de biofilm en los contornos del dispositivo por la presencia de la capa inhibida de oxígeno.

---

## CONCLUSIONES

Queda claro que la interacción de un radical libre con átomos de oxígeno y de otros contaminantes va a ocurrir siempre y cuando la última capa del composite durante el proceso de polimerización esté expuesta al medio ambiente. Y bien en los estudios revisados se asume que la presencia de una capa inhibida de oxígeno en interface de varias capas no representa mayor problema a la fuerza de cizallamiento ni a la subpolimerización, más sin embargo el verdadero reto no serían las intercapas sino la última capa la que va a estar en contacto directo con el esmalte dental.

La capa de inhibición por oxígeno, que se forma invariablemente sobre las superficies de composite durante la polimerización con luz, es deseable en un principio, ya que fortalece la unión entre las capas de composite al emplear una técnica de estratificación. No obstante, no es deseable tras el esculpido definitivo de la superficie de la restauración, ya que destruye los delicados detalles superficiales y hace vulnerable a la resina al acúmulo de biofilm. Además, suele requerir un pulido laborioso.

Una alternativa clara que se encontró en la literatura para resinas de uso en operatoria dental pero no comprobado en contornos de aparatos ortodónticos es el uso de un producto denominado DeOx de Ultradent, este es un gel viscoso con base de glicerina para cubrir materiales de resina fotopolimerizable antes de su

---

polimerización. Esto evita su exposición al oxígeno y previene la formación de una capa de inhibición por oxígeno sobre la superficie de las resinas cuando son polimerizadas. El producto DeOx puede eliminarse fácilmente después de su uso mediante un spray de agua. Esta alternativa resulta muy útil para la cobertura de los bordes cavo-marginales. Si se forma una capa de inhibición por oxígeno sobre la resina de fijación, podría producirse erosión de la resina en el margen lo que nos reitera una reducción en el acúmulo de biofilm dental. AL utilizar DeOx se reducen estos problemas de forma efectiva.

Una teoría considerable es que los productos a base de glicerina aplicados antes de la polimerización final actúan de barrera contra el oxígeno y garantizan así una polimerización completa, reduciendo considerablemente el proceso de pulido posterior y de esta forma se podría garantizar una reducción significativa en la agregación bacteriana o formación del biofilm dental.

Todos concluyen por lo tanto que la capa inhibida va a presentarse al momento del bondeado del bracket sino se elimina o cambian sus propiedades.

La poca evidencia científica que hay sobre el verdadero efecto perjudicial de la presencia de una capa inhibida de oxígeno en resina ortodóntica en contornos de brackets que estará en contacto con el medio bucal durante el tratamiento de ortodoncia y su influencia en el grado de acúmulo de biofilm aún es incierto, se necesitan más estudios para poder llegar a una correcta conclusión.

Lo que si queda claro es que la resina no llega a su perfecta o total polimerización si la capa de oxígeno permanece en su superficie y esto se

---

convierte en el objetivo principal ya que al no conservar las propiedades deseadas seguirá siendo un punto blanco de las bacterias y la hará siempre más vulnerable y/o susceptible a la adhesión y agregación bacteriana.

---

## RECOMENDACIONES

- 1.) Implementar a los conceptos otorgados una total veracidad mediante la fase experimental, no sólo en laboratorio sino en la clínica en paciente.
- 2.) Reproducir la capa inhibida de oxígeno *ex vivo* e *in vivo* y observar su comportamiento químico y biológico.

## SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS

- 1.- Determinar el grado de espesor de la capa inhibida de oxígeno empleando diferentes tipos monómeros, incluyendo los de tipo autocurado.
- 2.- Utilizar diferentes técnicas para la eliminación la capa inhibida de oxígeno y comparar el grado de efectividad de cada técnica sobre resinas empleadas en ortodoncia.
- 3.-Evaluar el grado de acúmulo de biofilm en capas inhibidas de oxígeno de resinas compuestas empleando una gama comparativa comercial amplia, incluyendo las resinas compuestas con nanofibras.

---

---

## BIBLIOGRAFÍA

Jean-Jacques M. (2014) Leucomes and treatment orthodontique. Prevention, treatment. *Orthod.* 2014, August; 85:235–244.

Julien K., Buschang P., and Campbell P. (2013) Prevalence of white spot lesion formation during orthodontic treatment. *The Angle Orthodontist*: July 2013, Vol. 83, No. 4, pp. 641-647.

Bijelic-Donova J, Garoushi S, Lassila LVJ, Vallittu PK. Oxygen inhibition layer of Composite resins: effects of layer thickness and surface layer treatment on the interlayer bond strength. *Eur J Oral Sci* 2015; 123: 53-60.

Dionysopoulos D, Koliniotou-Koumpiaie, Helvatzoglou-Antoniades M, Kotsanos N. (2014) Fluoride release and recharge abilities of contemporary fluoride-containing restorative materials and dental adhesives. *DMD*. Sep 14; 0287(4547):1881-1361.

Zhu P, Lin H, Han Y, Lin Y, Xu Y, Zhang Z. (2013). A computational fluid dynamic analysis of peri-bracket salivary flow influencing the microbial and periodontal parameters. 2013 Apr 19; 8(4):e62242. Doi: 10.1371/journal.pone.0062242.

Beñaldo-Fuentes CR. (2005) Estudio comparativo in vitro de la microfiltración de restauraciones de resina compuesta realizadas con un sistema adhesivo

---

convencional y otras realizadas con un sistema adhesivo con nanorelleno. TDT; 15-20.

Galleguillos J. (2012) “Análisis comparativo in vitro del grado de filtración marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo XP BOND™ utilizado con y sin grabado ácido total”; 19-21.

Katie C. Julien, Peter H. Buschang, and Phillip M. Campbell (2013) Prevalence of white spot lesion formation during orthodontic treatment. The Angle Orthodontist: July 2013, Vol. 83, No. 4, pp. 641-647.

Hallgren A, Oliveby A, Twetman S. (1992) Caries associated microflora in plaque from orthodontic appliances retained with glass ionomer cement. JDR. 1992 Jun; 100(3):140-3.

Wright A., Lee R., Lynch E., Young KA. (1996) Clinical and microbiologic evaluation of a resin modified glass ionomer cement for orthodontic bonding. JODO.1996 Nov; 110(5):469-75.

Salas Y., et al. (2013) Estudio in vitro de la microdureza superficial en resinas compuestas de metacrilato Z350 XT y Silorano P90. TDT. 2013; 1:10-21.

Cedillo J. C-factor in operative dentistry. ADM;2010 Mar-Apr;17(2):83-87



---

Rodel S., Giménez I., Criado Montoya V., Gómez M., López de Blanc S., Medina M., Salinas E., Pedroza J., Zaldivar-Chiapa R., Mendes C., Cortelli J., Oppermann R. Daily biofilm control and oral health: consensus on the epidemiological challenge – Latin American. *Braz Oral Res.* 2012; 26(1):133-43.

Robinson C., Briggs H., Atkinson P.(1981) Histology of enamel organ and chemical composition of adjacent enamel in rat incisors. *Calcify Tissue Int.* 1981; 33(5):513-20.

Diekwisch G., Jin T., Wang X., Ito Y., Schmidt M., Druzinsky R., Yamane A., Luan X. (2009) Amelogenin Evolution and Tetrapod Enamel Structure. *Oral Biol.* 2009; 13:74–79. November 2008, Vol. 79, No. 11, Pages 2078-2086.

Gastel J., Quirynen M., Teughels W., Coucke W and Carels C. Longitudinal Changes in Microbiology and Clinical Periodontal Variables After Placement of Fixed Orthodontic Appliances. Bajaj Dand, Arola D. (2009) Role of Prism Decussation on Fatigue Crack Growth and Fracture of Human Enamel. *Act Biomater.* Oct 2009; 5(8):3045–3056.

Essam S. Shawkat, Adrian C. Shortall, Owen A., William M. Oxygen inhibition and incremental layer bond strengths of resin composites; Nov 2009:1338–1346.

---

Halliwell B. and Gutteridge J. (1984). Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease. *Biochem. J.* Apr 1984; 219(1):1–14.

Finger W., Kyoung-Sun L., Podszun W. (1996) Monomers with low oxygen inhibition as enamel/dentin adhesives. July 1996; 12 (4):256–261.

Rueggeberg F., Margeson D. (1990). The Effect of Oxygen Inhibition on an Unfilled/Filled Composite System. October 1990; 69 (10):1652-1658.

Shawkat A., Shortall O., Addison W., Palin. (2009) Oxygen inhibition and incremental layer bond strengths of resin composites. June 2009; 25 (11):1338-1346.

Reynolds E. (1987). The Prevention of Sub-surface Demineralization of Bovine Enamel and Change in Plaque Composition by Casein in an Intra-oral Model, *J Dent Res.* 1987; 66:1120-1127.

Borges A., Caneppele T., M.A. Luz, Pucci C., Torres C. (2013) Color stability of infiltrant resin exposed to different staining solutions. 2013; 29:34.

---

Tanner A., Sonis A., Holgerson P., Starr J., Nunez Y., Kressirer C., Paster B., and Johansson I. (2012) White-spot Lesions and Gingivitis Microbiotas in Orthodontic Patients. September 2012; 91 (9):853-858.

Ishikawa T., Aoyagi H., Asaka T., Asano Y., Azumi N., Bizen T., Ego H., Fukami K., Fukui T., Furukawa Y., Goto S., Hanaki H., Hara T., Hasegawa T., Hatsui T., Higashiya A., Hirono T., Hosoda N., Ishii M., Inagaki T., Inubushi Y., Itoga T., Joti Y., Kago M., Kameshima T., et al. (2012) A compact X-ray free-electron laser emitting in the subangstrom region. Nature; June 24 2012; 6:540-544.

Kearns C., Glantz S., Schmidt L., (2015) Sugar Industry Influence on the Scientific Agenda of the National Institute of Dental Research's 1971 National Caries Program: A Historical Analysis of Internal Documents  
Published: March 10, 2015 DOI: 10.1371/journal.pmed.1001798.

Kassebaum N., Bernabé E., Dahiya M., Bhandari B., Murray C., Marcenes W. J Dent Res. (2015) Mar 4. Global Burden of Untreated Caries: A Systematic Review and Metaregression.

Ferreira N., Sousa M., Cury J. (2014) Conceptualization of Dental Caries by Undergraduate Dental Students from the First to the Last Year. Braz. Dent. J. vol.25 no.1 Ribeirão Preto Jan. /Feb.

---

Ramazanzadeh B., Merati M., Shafae H., Dogon L., and Sohrabi K. (2013) In-vitro evaluation of an experimental method for bonding of orthodontic brackets with self-adhesive resin cements. *European J Gen Dent.* 2013; 2(3): 264–269.

Huseyin A., Hakan T., and Necdet A. (2015). Microleakage under orthodontic brackets bonded with different adhesive systems. *Eur J Dent.* 2015 Jan-Mar; 9(1): 117–121.

Zafar I., Attiya S. and Mubassar F. (2014). Plaque Index in Multi-Bracket Fixed Appliances. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan* 2014, Vol. 24 (11): 791-795.

Arhun N., Cehreli S. Int. Do adhesive systems leave resin coats on the surfaces of the metal matrix bands? An adhesive remnant characterization. *J Periodontics Restorative Dent.* 2013 Mar-Apr; 33(2):e43-50. Doi: 10.11607/prd.1129.

Berlin-Broner Y., Levin L., Ashkenazi M. (2012). Awareness of orthodontists regarding oral hygiene performance during active orthodontic treatment. *Eur J Pediatric Dent.* 2012 Sep; 13(3):187-91.

Fereshteh S., Mohammad D., Hengameh Z., Hamed H., Mohammad H. (2015). The Effects of Chlorhexidine and Persica Mouthwashes on Colonization of

---

Streptococcus mutans on Fixed Orthodontics O-rings. J Dent Shiraz Univ Med Sci., March 2015; 16(1): 54-57.

Beom S., Park S., Myung K., Young-Hoi K., Sang L., Kwang L., Na-Young C., Young-Rae L., Young-Eun L., and Yong-Ouk Y. (2015) Inhibitory Effects of Chrysanthemum boreale Essential Oil on Biofilm Formation and Virulence Factor Expression of Streptococcus mutans. Evid Based Complement Alternat Med. 2015; 2015: 616309.

Ramazanzadeh B., Merati M., Shafae H., Dogon L., Sohrabi K. In-vitro evaluation of an experimental method for bonding of orthodontic brackets with self-adhesive resin cements J Gen Dent. European. 2013; 2(3):264-269.

Zachrisson B. Orthodontics current principals and technics. St Louis: Mosby; 2005. BT Bonding in orthodontics; p. 579.

Upadhyaya H., Bajaj D., Das S., Saxena M., Badoni S., Kumar V., Tripathi S., Gowda C., Sharma S., Tyagi A., Parida S. Plant Mol Biol. 2015 Sep 22.

Odian G. Principles of Polymerization, 4th Edition. ISBN: 978-0-471-27400-1 832 pages. February 2004, ©2004

Diccionario de Medicina; Océano Mosby.

Diccionario de Odontología Mosby; Elsevier Océano.

---

Odian G. (2004). *Principios de polimerización* (4ª ed.). Nueva York: Wiley-Interscience. ISBN 978-0-471-27400-1.

"Glosario de términos básicos en ciencia de los polímeros (Recomendaciones de la IUPAC 1996)". *Química Pura y Aplicada* (12): 2.287 -2311. 1996.

Cowie, J., Arrighi V. (2008) *Polímeros: Química y Física de Materiales modernos* (3ª ed.). Escocia: CRC Press. ISBN 0-8493-9813-4.

"Free Radical Vinyl Polymerization". Universidad del Sur de Mississippi. 2005.

Hageman H. (1985). "Los fotoiniciadores de polimerización por radicales libres". *Progress in Organic Coatings* (2): 123-150. Doi: 10.1016 / 0.033-0.655 (85) 80021-2.

Stevens M. (1999). *Química de Polímeros: una introducción*. Nueva York: Oxford University Press. ISBN 0-19-512444-8.

Islamova R., Puzin Y., Kraikin V., Fatykhov A., Dzhemilev U. (2006). "El control de la polimerización del metacrilato de metilo con ternarios sistemas de iniciación". *Diario de Rusia de Química Aplicada* (9): 1509-1513.

Islamova R., Puzin Y., Fatykhov A., Monakov Y. (2006). "Un sistema iniciador ternario para la polimerización por radicales libres de metacrilato de metilo". *Polymer Science* (3): 130-133.

"Addition Polymerization". *Materiales Módulos Mundial*. 06 2009. "Polymer Synthesis". Universidad Case Western Reserve. 2009.

---

Leach K. (2010) Journal of Microencapsulation: Micro and Nano Carriers. Volume 16, Issue 2.